BEATRIZ GONÇALVES BOSKOVITZ ROYZEN

Os recursos da computação gráfica na elaboração de projetos

**Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre**

**Área de Concentração:
Tecnologia da Arquitetura**

**Orientador:
Prof. Dr. Geraldo Vespaziano Puntoni**

**São Paulo
2009**

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E
PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

E-MAIL: biaroyzen@gmail.com

Royzen, Beatriz Gonçalves Boskovitz
R892r Os recursos da computação gráfica na elaboração
de projetos / Beatriz Gonçalves Boskovitz Royzen. --São Paulo,
2009.
145 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Tecnologia
de Arquitetura) - FAUUSP.
Orientador: Geraldo Vespaziano Puntoni

1.Computação gráfica 2.CAD (Sistemas) I.Título

CDU 681.3:741

Para minha fonte de inspiração e meu guia: minha mãe. Que saudades!

Agradeço a compreensão dos meus grandes amores, Jacques e Letícia.

Meus agradecimentos são para todos aqueles que direta e indiretamente estiveram próximos:

Geraldo Vespaziano Puntoni, por acreditar em mim;

alunos, sem eles seria impossível;

Maria Judith Soares, minha secretária do lar, sem ela eu não conseguiria;

professores da banca de qualificação, Ualfrido Del Carlo e Anália Amorim;

professores da pós, Ângela Maria, Mônica, Reginaldo, Julio Katinsky, Luis Américo e Paulo César.

amigos da FAAP, os que sempre me deram força e, em especial, Virginia,

Lílian e Fabio;

amigos, fundamentais para manter a alegria;

irmãos, Marcelo e Flavio, ótimo ter com quem contar;

pai, por sua dedicação em acertar na educação dos filhos;

Regina, por sua eficiência na revisão de texto;

Minha vizinha Cristine, sempre pronta a ajudar

Claudia da empresa Seacam, por me receber para um longo papo sobre prototipagem rápida.

RESUMO

A informática tem um amplo campo de atuação e sua evolução não tem sido apenas em direção à conquista de mais capacidade de memória e velocidade, mas principalmente no que tange aos três elementos básicos da comunicação: emissor, mensagem e receptor. As interfaces estão sendo otimizadas para que os usuários aumentem suas condições de concepção de projetos e diminuam o tempo necessário para adquirir conhecimento técnico e habilidade no manuseio. Sem dúvida, o computador ainda é motivo de travamento da fluidez do pensamento e ação sobre o mesmo, afinal investem-se tempo e memória para o aprendizado do manual de instrução ou tutoriais, se assim preferirem. Diante deste contexto em que todos se vêem acoplados a vários sistemas computacionais complexos, o recorte para este trabalho restringiu-se a um pequeno universo referente ao aprendizado da computação gráfica no curso de Arquitetura e Desenho Industrial da Faculdade de Artes Plásticas da Fundação Armando Álvares Penteado – FAAP.

Não houve a pretensão de se aprofundar a análise na área de ensino e aprendizado por falta de tempo para o domínio de um conhecimento no assunto, mas a essência é o alerta para os profissionais do ensino superior, no caso o curso de Arquitetura, se conscientizarem do amplo espectro de possibilidades de recursos computacionais como ferramenta didática para a concepção de modelos explorativos objetivando um aumento no tempo da investigação.

Palavras chave: sistema CAD; recursos do CAD; protótipo digital.

ABSTRACT

Information Technology provides a large range and its development is not only to improve memory and speed capacity but mainly to get the three basic principles of connection : sender, message and receiver. Interfaces have been optimized for users to add their possibilities of projects conceiving and to shorten the necessary time to acquire technical knowledge and handling abilities. Certainly, computer restrains thought streams and proceedings about it, so it has been invested in time and report for learning the instruction manual or tutorials, whether it is preferred. Due to this argument it becomes known that people are attached to several systems , then the aim of this project has restricted to a limited subject referring to learning of graphic design in the Architecture Course and Industrial Draw at FAAP - Fundação Armando Alvares Penteado's Plastic Arts College.

The claim was not to make a profound analysis in educational area in default of time to research about it more, but the most important is the advice to all graduated professionals, mainly the Architecture course ones, to keep aware about the large computer resources possibilities as a pedagogical tool to develop models, resulting in more time for researching.

Key-Words: CAD systems; CAD resources; digital prototype.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
CAPÍTULO I	10
COMPONENTES BÁSICOS PARA OPERAR O SISTEMA CAD	
CAPÍTULO II	30
PROTOTIPAGEM RÁPIDA – MANUFATURA AUTOMATIZADA	
CAPÍTULO III	51
SISTEMA BIM – MODELAGEM DE INFORMAÇÕES DA CONSTRUÇÃO	
CAPÍTULO IV	61
SISTEMA GIS – SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	
CAPÍTULO V	67
INFORMÁTICA APLICADA A PROJETOS	
CAPÍTULO VI	101
INFLUÊNCIAS DO COMPUTADOR AO DESENHAR, PROJETAR E CONSTRUIR	
CONSIDERAÇÕES FINAIS	134
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	136
BIBLIOGRAFIA GERAL	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS – artigos publicados	141
BIBLIOGRAFIA – teses e dissertações	143
REFERÊNCIAS DA WEB	145

INTRODUÇÃO

A idéia deste trabalho surgiu no início da carreira docente em nível superior, em 1994. Mas, houve a consciência de que alguns anos seriam fundamentais como sustentação de uma experiência e amadurecimento pessoal para serem transformados em trabalho acadêmico. O arquiteto é formado para a prática de projeto e não para o ensino dela, portanto a preocupação em viabilizar melhores resultados de aprendizado, no decorrer de um período na posição de professora especialista em disciplinas de computação gráfica e desenho técnico, tem sido um grande desafio.

Artigos que descrevam os impactos dos sistemas computacionais em áreas específicas são um assunto recorrente da década de 80 aos dias de hoje, período em que a computação permeou de maneira especulativa resultando em trajetórias experimentais de usos aplicados a cada profissão, seja ela medicina, engenharia, arquitetura, design e outras. O fato é que muitos desses artigos transmitem um conhecimento técnico de acesso restrito, por ser uma área cujos verdadeiros recursos poucos dominam, sabendo aplicá-los e interpretá-los. O Instituto de Tecnologia de Massachussets é um dos grandes centros que fomentam as pesquisas elucidativas sobre o assunto e na análise de seus trabalhos foi possível identificar respostas pertinentes a muitas indagações. Experiências aplicadas em laboratórios que servem de apoio ao curso de Arquitetura e conteúdos programáticos de cursos complementares só confirmaram a necessidade de tentar novos métodos dentro das condições bem mais precárias em relação à infra-estrutura, fator natural do nosso país.

O corpo docente, normalmente, é formado por profissionais especializados em diferentes áreas tornando-se um corpo único, orientadores de novos orientadores. Mas o ponto nevrálgico é a deficiência da capacitação dos docentes no papel de educadores. Portanto, a preocupação com o aprendizado e não com o ensino dos estudantes de Arquitetura e Desenho Industrial foi o mote deste trabalho.

Primeiramente fez-se um levantamento das possibilidades da utilização de sistemas computacionais aplicados a projetos. São sistemas conhecidos nos meios da

construção civil e industrial, setores que estão convergindo para novos conceitos do processo geral de projeto. São quatro os sistemas relevantes: CAD (*Computer Aided Design*), PR (*Prototipagem Rápida*), BIM (*Building Information Modeling*) e GIS (*Geographic Information System*), que abrangem, respectivamente, desenho, manufatura, parametrização e planejamento urbano.

É importante citar que para este trabalho os sistemas apresentados inferem no que está disponível no mercado e, atualmente, apenas um deles, o sistema CAD, foi praticado nas aulas de graduação do curso de arquitetura e desenho industrial da FAAP, sendo que os sistemas de prototipagem rápida e modelagem de informação da construção foram adquiridos no segundo semestre de 2008, não fazendo parte, portanto, do material abordado como objeto da pesquisa.

Em seguida, uma reflexão geral sobre o contexto transitório causado pela introdução de computadores e a trajetória de uma amostra de exercícios que buscaram exercer diferenciais não apenas do simples aprendizado de operações de comandos do sistema CAD, mas sim meios que extraíssem seus recursos eficientes visando ampliar as condições de compreensão do processo de concepção, produção e realização. Embora o tema sugira considerações inerentes a propósito do desenho, da linguagem e representação gráfica, estas seriam fatores de desvio do foco.

A potencialidade destes recursos foi assimilada devido às experiências acumuladas pela mesma disciplina, porém aplicada ao Desenho Industrial. Elas foram decisivas para o desenvolvimento do objeto principal deste trabalho. No capítulo de conclusão, apresentaram-se as compatibilidades de uso da computação nos três momentos que compõem o processo entre o desejo e a realização: o desenho, o projeto, e a construção.

Para o arquiteto esses três momentos são peculiares o que de certa forma os identifica. Em corolário a esse fato fez-se uma reflexão sobre como se estabelece a introdução do computador como coadjuvante nesses três momentos.

CAPÍTULO I

COMPONENTES BÁSICOS PARA OPERAR UM SISTEMA CAD

“Uma *interface homem/máquina* designa o conjunto de programas e aparelhos materiais que permitem a comunicação entre um sistema informático e seus usuários humanos.” (LEVY, 1993 p.176)

A estratégia da descrição dos componentes básicos para operar um sistema CAD, normalmente presentes em programas computacionais de gráficos vetoriais, faz parte da intenção de promover o leitor a um envolvimento confortável diante de um assunto aparentemente técnico. Os componentes básicos são: elementos geométricos, sólidos, superfícies, *nurbs* e *meshes*. Todos eles fazem parte do processo de modelagem digital.

A lapiseira, o martelo, a roda, a faca etc. podem ser considerados ferramentas as quais por meio de suas ações materializam uma função genérica.

Segundo **Levy**, a ferramenta cristaliza o virtual, isto é “a roda não é um prolongamento da perna, mas sim a virtualização do andar.” (LEVY, 1996:75) Baseando-se nas teorias do que é virtual de **Pierre Levy**, dominar uma técnica consiste em desenvolver habilidade, reflexo e diálogo físico e mental entre o agente e a coisa. Ao modelar uma massa de argila ou fatiar uma peça em madeira maciça deve-se, evidentemente, dominar técnicas com ferramentais apropriados para tal. No entanto, o computador é capaz de virtualizar a virtualização de uma ação. A ação oriunda do verbo desenhar tem sido captada e codificada para o formato da menor unidade de informação do computador, o *bit (binary digit)*. O mesmo acontece para as ações da modelagem da argila ou da composição de objetos tridimensionais.

Para **Levy**, existe uma interação entre a informação e o usuário. A partir dessa interação constrói-se o conhecimento, sendo que o sujeito interage com o mundo de pessoas e objetos, interagindo, conseqüentemente, com a comunidade. A esta interação aplica-se o termo: “ecologia cognitiva”. Ao observar a relação do usuário com o computador, notam-se dinamismo, plasticidade e uma autonomia de ação e

reação. As inovações no setor de programação em informática propiciam, além da capacidade de organização de dados, programas de orientação ao objeto, e isso quer dizer interação entre os dados, sendo eles nos formatos de textos, vídeos, imagens ou voz. Uma planilha Excel, por exemplo, tem condições visuais e inteligentes de anexar aos dados funções matemáticas que, ao simularem valores para cada “célula” apresentam um novo panorama da situação modelada. Isso facilitaria uma decisão sobre a imaginação. “O que aconteceria se...”.

Parte-se do princípio de que a disponibilidade de dados históricos está mais acessível, hoje, e captar as peculiaridades do tema interfaces seria mais produtora.

Se pedíssemos a opinião, para **Levy**, sobre o aprendizado atual dos estudantes de arquitetura em relação ao uso do computador nas fases de projeto, ele responderia que a simulação digital é mais um benefício cognitivo. O ser humano normalmente constrói seu conhecimento por meio de teorias, experiências práticas ou por métodos mais antigos que estavam contidos na tradição oral. Portanto, para **Levy**, utilizar-se do computador para simular a representação da realidade contribui para o acúmulo do conhecimento.

Entre o “movimento e a metamorfose” existe uma operadora da passagem dos códigos, que serão interpretados e transformados para a criação de novos comportamentos sociais. O modem é um exemplo de decodificação do sistema binário para o analógico com o objetivo de transmitir a informação via telefone e vice-versa, temos aqui uma nova interface.

A relação do termo *homem-máquina* com os dispositivos de entrada e saída do computador, entrada de dados por meio de periféricos como o mouse e o teclado, a saída por meio do monitor, impressora ou as perfuradoras de cartão¹, estreitou-se

¹ Utilizando o princípio descoberto por Jacquard para comando automático de teares, Hermann Hollerith - funcionário do United States Census Bureau - inventou, em 1880, uma máquina para realizar as operações de recenseamento da população. A máquina fazia a leitura de cartões de papel perfurados em código BCD (Binary Coded Decimal) e efectuava contagens da informação referente à perfuração respectiva. O sistema foi patenteado em 8 de junho de 1887. (http://pt.wikipedia.org/wiki/Herman_Hollerith)

por causa das inovações e o que temos, hoje, é a interface. (LEVY,1997) Um exemplo banal e corriqueiro é o telefone móvel. Ele recebe um comando de voz que realiza tarefas para uma outra base e sem nem mesmo conscientizar-se de seus movimentos o usuário acopla um computador a sua espontaneidade.

Como tudo isso começou? Sabe-se que a máquina a vapor foi um marco importantíssimo para que o sistema CAD pudesse, hoje, existir. Esta frase parece estranha para aqueles que nasceram depois da luz elétrica e que, nem sempre, pararam para pensar nas condições de vida da época de seus avós. Estes passaram a vida sem um aparelho de televisão. Bisavós que não sabiam o que era um rádio, sem levar em conta as condições de conforto, algumas questionáveis, não presentes no dia a dia atual. A máquina a vapor representa o início de uma revolução que transfere o domínio da força braçal para as máquinas capacitadas a substituir os movimentos naturais do homem. A energia a vapor faz a sua história por meio da invenção de **Thomas Newcomen**, considerado “pai” do motor a vapor, em 1765. **James Watt** aperfeiçoa essa mesma máquina e cria o sistema de engrenagens. A Segunda Guerra Mundial contribuiu para a transferência da tecnologia mecânica para a eletrônica e patrocinou o surgimento da tecnologia eletrônica digital por meio do Z3², considerado o primeiro computador eletrônico digital de uso genérico. Se o computador foi capaz de automatizar movimentos, na década de 90, ele foi capaz de automatizar a geometria a partir de modelos matemáticos traduzidos para a máquina. Segundo **Ualfrido Del Carlo**, professor doutor do departamento de tecnologia da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, “o computador ainda está na era

² Konrad Zuse (22 de junho de 1910 - 18 de dezembro de 1995) foi um engenheiro alemão e um pioneiro dos computadores. O seu maior feito foi a compleção do primeiro computador de programa controlado por fita guardada, o Z3, em 1941. Konrad Zuse inventou o 1º computador eletromecânico, constituído de relés - efetuava cálculos e exibia os resultados em fita perfurada. Em um museu chamado Museu da Tecnologia na cidade de Bonn, na Alemanha, existem alguns de seus inventos, como o Z2, um dos primeiros computadores do mundo. Muitos acreditam que os primeiros computadores eram de um tamanho muito grande, porém eram na verdade equipamentos estranhos mas pequenos. Em outro museu na mesma cidade (Museum für Deutsche Geschichte - Museu da História Alemã), também se encontram outros equipamentos desenvolvidos por Konrad Zuse, o pai da informática.

jurássica”. Ele tem razão, pois ainda se usa o *mouse* e há quem acredite que o computador está revirando o processo natural do raciocínio do ser humano³.

O computador penetrou em todas as áreas como modelador de informações⁴, sejam elas representadas por números; ou formas geométricas; ou movimentos. A necessidade da modelagem de números é antiga e foi para o primeiro censo, ocorrido em 1890 nos Estados Unidos, utilizado um método de automatização de cálculos, sugerido por **Hermann Hollerith**, que marcou um processo de eficiência em menor tempo. Enquanto em 1880 o resultado do censo era revelado depois de uma década, com a máquina de Hollerith, o tempo passou para dois anos e meio,

³ “É importante enfatizar a questão do pensamento. Para se usar um computador, é necessário dar-lhe comandos, em absolutamente qualquer software. Como foi visto, esses comandos ativam funções matemáticas (de cálculo ou de manipulação de símbolos) dentro da máquina. Ao dar comandos à máquina - mesmo acionando ícones -, o usuário é obrigado a pensar conscientemente neles. Em outras palavras, a máquina força o usuário a formular pensamentos com formalismo análogo ao matemático, que podem ser introduzidos dentro dela e por ela interpretados, o que chamo de "pensamentos maquinais". Uma consequência sobre o usuário é que este é induzido a agir de maneira indisciplinada. De fato, como o espaço de trabalho é puramente mental, pode-se fazer de tudo, sem consequências diretas no mundo real. Isso não ocorre quando se guiar um automóvel ou se operar um torno. Além disso, tudo pode ser corrigido, de maneira que não é preciso seguir-se uma disciplina para fazer coisas corretas ou bem feitas, esteticamente bonitas. Por exemplo, uma pessoa que escreve uma carta à mão tem de exercitar uma tremenda disciplina mental, para que não seja necessário corrigir o que foi escrito (muitas correções deixariam o texto borrado, feio; outras seriam impossíveis, como mudar um parágrafo de lugar). A mesma coisa se passa ao começar-se com um rascunho. No ato de escrever o texto definitivo, será necessário não mudar nada, prestar atenção à estética etc. Nada disso ocorre ao se usar um editor de textos: pode-se cometer quantos erros se queira, porque tudo poderá ser corrigido, mudado de lugar etc. Também não há necessidade de prestar atenção à ortografia: um corretor ortográfico pode detectar os erros e ainda sugerir correções. Os corretores gramaticais estão cada vez mais completos e vão exigir cada vez menos atenção à concordância, por exemplo. Muito poucas pessoas apreciam seguir regras fixas e planejar muito bem o que devem fazer. Pode-se concluir que isso leva os usuários e programadores de computadores a assumir uma atitude de indisciplinada mental. No caso dos programadores, é sabido que esses raramente projetam e implementam seus programas disciplinadamente, por exemplo documentando tanto a fase de análise quanto os próprios programas. Além disso, os testes e as correções dos programas quase nunca são feitos sistematicamente.” (<http://www.ime.usp.br/~vwsetzer/meios-eletr.html>) OS MEIOS ELETRÔNICOS E A EDUCAÇÃO: Televisão, jogo eletrônico e computador Valdemar W. Setzer.

⁴ O computador não faz nada disso: ele transforma, transporta e armazena dados, que são representações simbólicas quantificadas ou quantificáveis e não devem ser confundidos com informações. Estas devem ter sempre um significado para quem as recebe, e podem não ser transmitidas sob forma de dados como, por exemplo, a sensação de calor ou de frio (ver o artigo "Dados, informação, conhecimento e competência" em [Setzer, 2001] e em meu site). Aquela quantificação é essencial para os dados poderem ser introduzidos em um computador, onde tudo deve necessariamente estar quantificado. Note-se que programas também são dados. OS MEIOS ELETRÔNICOS E A EDUCAÇÃO: Televisão, jogo eletrônico e computador Valdemar W. Setzer.

aproximadamente. Inicia-se a produção de máquinas comerciais que foram construídas e vendidas pela *Tabulating Machine Company*, fundada em 1896, pelo próprio **Hollerith**, que depois de associada a outras empresas dá origem, em 1924, ao tão famoso sinônimo de computador, a *International Business Machines Corporation*, a IBM. (MEIRELLES,1994)

Com o propósito de não ficar contando a história do computador neste trabalho, segue-se direto para a apresentação do sistema conhecido como *Sketchpad*, revelado, em 1963, no *Spring Joint Computer Conference*, pelo seu autor **Ivan E. Sutherland** e considerado um marco na informática por ser o primeiro editor gráfico programado na Programação Orientada a Objetos⁵.

“No decorrer da década de 60, a técnica de programação torna-se cada vez mais sofisticada, contando com uma variedade de peculiaridades técnicas e matemáticas também crescente: linguagens para simulação, para inteligência artificial, com funções recursivas (auto-referentes), educacionais etc. Em fins da década, reconhece-se abertamente a primeira crise de software: as práticas de programação tornam-se cada vez mais idiossincráticas, e sem um denominador metodológico comum. Algumas propostas são feitas para catalogar-se essas práticas, por um lado, e por outro, de sistematizar-se o

⁵ Oriented Programming – OOP: programação orientada a objetos. A primeira linguagem desse tipo foi a SmallTalk, desenvolvida por Alan Kay e equipe. A metáfora que Kay usa para a descrever foi a de uma comunidade de seres vivos ou um ecossistema: cada ser vivo desempenha um papel, ocupa um nicho na ecologia em questão. (VASSÃO, 2008:8)

“A crescente importância das linguagens orientadas para objeto em informática mostra que os computadores são, cada vez mais, considerados como instrumentos de simulação. Esquematizando, poderíamos dizer que a programação clássica consistia em organizar uma cadeia de operações sucessivas sobre um fluxo de dados, enquanto que a programação orientada para objeto consiste em agenciar as interações de entidades capazes de realizar certas ações e de trocar mensagens umas com as outras. O aquário construído pela equipe de Alan Kay para a Apple é uma boa ilustração deste novo caminho da informática. Neste projeto, as características e os modos de vida de vários objeto-peixe foram definidos pelos programadores. Estes programas-peixe foram em seguida mergulhados no mesmo aquário, que podia ser observado através da tela do computador, e interagiram espontaneamente de acordo com seu programa genético, adotando comportamentos de perseguição, fuga, devoração, desova etc. Note-se que o desenvolvimento dos acontecimentos no aquário não havia sido programado em nenhum momento. Crianças podiam acrescentar ou retirar peixes, ou ainda modificar seu comportamento. Em seguida, observavam as repercussões de suas ações na ecologia do aquário. (LEVY, 1993:123)

processo de programação, evitando-se instruções que confundam a coerência da seqüência de instruções.

Ainda em fins da década de 60, uma abordagem inteiramente diferente de programação se estabelece. Uma que não se baseava em “seqüências” de instruções, mas em “comunidades de programas”: as linguagens orientadas a objetos consistem em objetos que são programados individualmente e/ou derivados de outros objetos (objetos pais e objetos filhos). A inovação foi de tal magnitude que seu uso foi sendo aceito muito gradualmente. No entanto, sua abordagem de programação é mais afeita à própria natureza complexa dos computadores em que o poder de processamento não é extremamente limitado.” (VASSÃO, 2008:8)

O sistema marcou a origem da aplicabilidade do computador na área do desenho. Em paralelo com **Sutherland**, instituições como o M.I.T. e a IBM desenvolviam um sistema voltado ao desenho, o DAC-1 (*Design Augmented by Computer*) para a indústria automobilística, na verdade, para a General Motors. Isto nos permite afirmar que o desenvolvimento de sistemas computacionais voltados para projetos da construção civil são programas antes construídos para outros propósitos e depois adequados às novas funções.

DAC-1 (*Design Augmented by Computer*) para a indústria automobilística

http://sophia.javeriana.edu.co/~ochavarr/computer_graphics_history/historia/images/1959_dac.jpg

Pesquisas focadas para o desenvolvimento de sistemas computacionais, que pudessem equacionar as necessidades das fases de concepção e de avaliação da solução, direcionaram a elaboração de projetos para novos rumos. A automação foi uma delas, em que convergiram os comandos numéricos e os movimentos repetitivos do Homem em máquinas cumpridoras de tarefas. Esta foi uma área que teve um investimento alto, também, por parte das indústrias automobilísticas. A idéia de automação deriva das pesquisas teóricas de **Norbert Wiener**, que deu origem ao que se conhece, hoje, como Cibernética.

“Desde o fim da Segunda Guerra Mundial, venho trabalhando nas muitas ramificações da teoria das mensagens. Além da teoria da transmissão de mensagens da engenharia elétrica, há um campo mais vasto que inclui não apenas o estudo da linguagem mas também o estudo das mensagens como meios de dirigir a maquinaria e a sociedade, o desenvolvimento de máquinas computadoras e outros autômatos que tais, certas reflexões acerca da psicologia e do sistema nervoso, e uma nova teoria conjectural do método científico. Esta mais vasta teoria das mensagens é uma teoria probabilística, uma parte intrínseca do movimento que deve sua origem a Willard Gibbs e que descrevi na introdução. Até recentemente, não havia palavra específica para designar este complexo de idéias, e, para abarcar todo o campo com um único termo, vi-me forçado a criar uma. Daí “Cibernética”, que derivei da palavra grega kubernetes, ou “piloto”, a mesma palavra “governador”. (WIERNER, 1954:15)

Sem dúvida, grandes contribuintes saíram do M.I.T. e um deles foi **Christopher Alexander**. Este publicou uma obra, *Notes on the Synthesis of Form*, que se tornou referência para pesquisadores, durante anos, como uma metodologia adequada ao sistema do computador aplicado a projetos de Arquitetura.

“Hallar el programa de diseño adecuado para un problema determinado. Es la primera fase del proceso de diseño. Es, si queremos, la fase analítica del proceso. Esta primera fase del proceso debe, por cierto, ir seguida por la fase

sintética, en la que se deriva una forma del programa. A esta fase sintética la llamaremos la realización del programa. Si bien estas notas están dedicadas principalmente a la fase analítica de proceso y a la invención de programas que pueden hacer una tarea razonable de la síntesis de la forma, debemos invertir ahora un poco de tiempo pensando en cómo funcionará esta síntesis o realización. En tanto que no lo hagamos, no podemos conocer cómo desarrollar los detalles del programa.

El punto de partida del análisis es el requisito. El producto final del análisis es un programa, el cual es un árbol de conjuntos de requisitos. El punto de partida de la síntesis es el diagrama. El producto final de la síntesis es la realización del problema, que es un árbol de diagramas.” (ALEXANDER, 1973:85)

O objetivo do autor, resumidamente, é explicar o processo de desenho como um processo de invenção de coisas físicas que exibem uma nova ordem física, uma organização em resposta à função. Para isso o autor analisa as linhas de forças resultantes naturalmente de qualquer fenômeno comportamental e traduz para um programa por meio de diagramas interpretativos.

Estes diagramas foram representados por um gráfico, cuja tarefa era separar em conjuntos de acordo com o contexto e fazê-los interagirem entre si. Os resultados das combinações entre conjuntos pertenceriam a dois estados principais: ajustado ou não ajustado, (0) ou (1), base do sistema binário. Pesquisadores como **Gianfranco Carrara**, **Yehuda E. Kalay** e **Gabriele Novembri** consideram Alexander um dos precursores do sistema CAD e comentam no artigo – Conhecimento Básico de Suporte Computacional para Desenho de Arquitetura – as tensões orientadas para a criação da forma.

“The process of architectural design aims to define a physical form that will achieve certain functional and behavioral objectives in a particular context. It comprises three distinct, but highly interrelated, operations: (1) Definition of the desire objectives; (2) production of alternative design solutions; (3) evaluation of the expected performances of the solutions and

comparing them to the predefined objectives. Design can be viewed as a process of search for the a solution that satisfies stated needs, while at the same time adapting the needs to the opportunities and limitations inherent in the emerging solution.

Computational techniques have been developed to assist each one of the three operations, with varying degrees of success.” (CARRARA, 1994:147)

“Design activities that are based on intuition and induction cannot, presently, be substituted by computational means. Computers can only assist designers by providing examples, precedents, case studies, prototypes, and their derivatives, adapted specifically to the context of the problem. However, choosing and adapting the appropriate solution remains a human prerogative.” (CARRARA,1994:151)

Um problema do arquiteto desenho não é a dificuldade de otimização do desenho, mas a tarefa de modelar variáveis entre a forma e o contexto e impedir que haja ruídos entre estes dois fatores, pois quanto menor o ruído da forma do objeto da arquitetura em relação ao contexto, maior será o ajuste ao conjunto de combinações, tornando-se resposta para o sistema binário que é a base da computação. (ALEXANDER, 1973)

O desafio de utilizar a computação gráfica acoplada à metodologia de projeto não deixa de ser um investimento financeiro e horas debruçadas em como operar o sistema antes dele se tornar lucrativo, em todos os sentidos. A precisão, as possibilidades de combinação de dados e a eficiência tudo, isso em menor tempo, foram os maiores atrativos em paralelo ao contexto transitório da arquitetura no Brasil dos últimos quarenta anos.

Em defesa de uma direção da arquitetura brasileira para um ideal social, que infelizmente foi barrada pelo contexto social e político, como o ensino colaborou até esse momento? Os estudantes eram preparados para construir, além de fazer projetos. Sua formação era para o desenvolvimento paralelo ao progresso, inclusive da indústria da construção. O papel do arquiteto entra em crise por conta da “separação do fazer e do pensar” e seu distanciamento do sistema de produção fica cada vez mais

claro, transformando-o em um “ser” perdido entre o usuário, empreiteiro e a indústria de materiais de construção. Segundo **Sérgio Ferro**, a habitação, um bem, com valores agregados como: materiais (com ou sem ostentação); *status*; estética; função; não passa de um jogo de ilusões em que o projeto representa a fantasia das necessidades requeridas e o canteiro, a realidade de poder realizá-las. Com base nessas idéias merecedoras de maior aprofundamento, a percepção sobre a potencialidade dos modelos digitais como meio didático em que os estudantes pudessem aproximar aquilo que lhes é abstrato de um objeto que represente a realidade delinea o contorno do objeto aqui recortado.

A definição de “modelo”, por **Echenique**, como uma representação de certas características relevantes da realidade observada em que a realidade consiste em objetos ou sistemas que existem, existiram ou possam existir pode ser grande aliada ao processo de metodologia de projeto, desde que, sejam corretamente interpretada e manipulada, objetivando a expressão efetiva do objeto da arquitetura. (SERRA, 2006)

O termo digital para modelos especifica o meio no qual foi concebido, o meio eletrônico. O modelo digital varia de acordo com o programa adotado na sua concepção, neste caso, os modelos digitais gráficos assumem os papéis já conhecidos anteriormente divididos em categorias da fase preliminar, projetual e realização. Na fase preliminar o computador colabora no arquivamento de dados e modelos representativos tanto em 2D (duas dimensões), formas compositivas, como 3D (três dimensões), aspectos volumétricos. Na fase projetual outras especialidades começam a fazer parte da busca de melhores soluções. Os programas estão evoluindo no intercâmbio e consolidação de dados no formato gráfico para análises mais complexas que envolvem diferentes aspectos pertinentes a esta fase. E, por fim, na fase da realização já é possível designar um modelo virtual direto para a manufatura em série.

protótipo digital www.rhino3d.com

modelo digital ilustrativo

protótipo

É preciso entender um pouco a diferença entre a computação gráfica destinada à edição de imagens e a computação gráfica para o desenho. A primeira divide a área de trabalho em *pixels* (*Picture Element* – a menor unidade de medida da imagem). A qualidade da imagem é medida pela quantidade de *bits* (*binary digit* – menor unidade de medida da informação) inserida em cada *pixel* e o tamanho da imagem é medido em número de *pixels* na direção dos vetores x e y. A segunda divide em pontos organizados pelo sistema de coordenada absoluta cujos valores são

atribuídos para x,y,z. A vantagem do sistema de gráfico vetorial para projetos é a precisão dos cálculos e do desenho. O processamento dos desenhos em gráfico vetorial é realizado por cálculos matemáticos enquanto os *pixels* são espaços preenchidos por cores formando figuras mais nítidas, dependendo do grau de afastamento no centro da tela. Vale citar que, por convenção, *8bits* equivalem a *1 byte* e uma imagem de *72 x 72 pixels* equivale à medida de 2,54 x 2,54 centímetros.

Tela dividida em *pixels*. Preenchimento dos *pixels* por diferentes cores. Paint (*software*) desenho do autor.

Gráfico vetorial. Desenho preciso. Autocad 2007(*software*) desenho do autor.

Normalmente, no processo de desenho técnico as figuras geométricas são desenhadas com o auxílio instrumental, como réguas, compasso e esquadros.

“Na arquitetura, essa tendência de imitar gregos e romanos é particularmente óbvia. O tratado escrito pelo romano Vitrúvio era estudado, edifícios antigos eram medidos, a fim de aprender a “linguagem” clássica da arquitetura, não apenas o vocabulário (pedimentos, moldes decorativos, colunas dóricas, jônicas e coríntias e assim por diante), mas também a gramática: as regras para combinar os diferentes elementos.” (BURKE, 1999:27)

“O entendimento das técnicas e da terminologia das construções geométricas básicas é fundamental para o sucesso do desenho tradicional e do desenho por sistemas CAD.” (GIESECKE, 2002:100)

A computação gráfica utiliza-se da prática das teorias de geometria ao ser aplicada por meio de programas codificados em linguagens computacionais, cuja base matemática consegue resumir em um sistema binário. **Smart** escreve sobre as implicações das aplicações da computação gráfica ao ensino de geometria:

“O ensino de matemática nunca será o mesmo, em virtude da ciência da computação; o ensino da geometria nunca mais será o mesmo, em virtude da computação gráfica. O professor de geometria que aprender computação gráfica perceberá o quanto é fundamental o mais novo campo de aplicação da geometria. Ao mesmo tempo, a atitude do professor em relação à geometria também mudará, em virtude da maneira como a geometria é utilizada na computação gráfica. A geometria tornou-se uma matéria especialmente prática no currículo de matemática, pois muitos conceitos geométricos são essenciais para a computação gráfica.”

(MONTGOMERY, 1994:40)

Ele sugere um ensino de matemática focado às pessoas criativas que irão desenvolver programas computacionais direcionados à computação gráfica, imprescindível para a evolução da orientação do uso do computador no ensino fundamental. Os estudantes de graduação, futuramente, chegarão bem mais preparados para a inserção de novos métodos de aprendizado em que a interface do meio eletrônico naturalmente ocupará maior espaço na metodologia de projeto.

Soluções são encontradas graficamente e as composições dessas figuras primitivas vão delineando uma forma mais complexa, a qual faz parte do sistema total do projeto de Arquitetura. Compare-se esse processo com o da alfabetização. As letras do alfabeto formam palavras que formam frases e constroem parágrafos que, por sua vez, compõem textos literários que envolvem os leitores, assim como o desenho da arquitetura, conjunto de elementos geométricos e teorias da geometria envolvem os cidadãos com a produção do espaço construído. A arte de manipular os elementos geométricos para fins de representação do desenho arquitetônico é a base de domínio sobre os programas gráficos vetoriais. O desenho por computador se diferencia do desenho de prancheta no conjunto de possibilidades de manipulação dos elementos geométricos para chegar ao mesmo objetivo, por exemplo, desenhando um retângulo. Este pode ser por dois pontos, três pontos e largura, comprimento a partir do centro e por polígono de quatro lados. O mesmo acontece desenhando um círculo, segmentos da reta, segmentos da curva, elipses e arcos.

Superfícies ou *surfaces* uma esfera pode ser definida como um sólido geométrico formado por uma superfície curva e contínua. Um cilindro é formado por três superfícies, sendo duas planas e uma curva. As seis faces que formam um cubo são superfícies planas. Quando se deformamos superfícies planas criam-se espaços topológicos contínuos fechados ou contínuos abertos. A superfície de uma pétala de rosa serve como metáfora da forma geométrica orgânica criada por comandos que assentam um determinado número de pontos “tecendo” uma “malha”. A visualização dessa “malha” pode ser como a pétala da rosa ou como uma teia de aranha.

Surface from four edge curves.

Imagens do “Help” do programa Rhinoceros.

O sistema CAD permite a criação de sólidos, seus comandos objetivam diretamente a criação de poliedros regulares, prismas, cilindros, pirâmides, cones e os não poliedros, esfera, toro e elipsóides. Indiretamente a criação de sólidos ocorre por meio dos comandos de extrusão e de revolução de um perfil, em que o primeiro tem a opção de desenvolver o perfil ao longo de um “caminho”, formando, por exemplo, um tubo caso o perfil seja um círculo. Os sólidos são editáveis por comandos que subtraem, unem e interseccionam, um com o outro, conhecidos como operações booleanas. É possível, também, usar a superfície como “lâmina de corte” propiciando explorar formas geométricas tridimensionais com intenções lúdicas.

Revolved surface

Normal loft

One-rail sweep. The red curve is the rail.

Imagens do "Help" do programa Rhinoceros

Exercício elaborado pelo autor. "quebra-cabeça" em 3D.

O exercício de "quebra-cabeças" tridimensional criado no sistema CAD é recomendável para o treino visual antes de reproduzir sistemas de montagens de peças da engenharia mecânica, por computador.

"A publicação de "As Leis do Pensamento", de George Boole, em 1854, estabeleceu o fundamento conceitual para toda a revolução informacional que emerge na segunda metade do Século XX, aproximadamente 100 anos depois da publicação original. Mas originalmente, as contribuições de Boole – que converteram a lógica formal em uma questão da álgebra, e criaram uma linguagem formal simbólica artificial estritamente coerente – passaram como curiosidade matemática e parte do currículo da lógica formal, assim como do fundamento da matemática, até que Claude Shannon, pesquisador do Bell Labs, na década de 40, retomou a álgebra booleana e a aplicou aos processos comunicacionais propondo a Teoria da Informação (Shannon, 1948). As propostas de Shannon encontraram notável repercussão e colocaram a obra de Boole na centralidade sócio-cultural contemporânea." (VASSÃO, 2008:38)

Normalmente no processo de modelagem os *nurbs* são criados com materiais maleáveis, plastilina, massa de modelar, processo de forjamento, entre outros.

NURBs ou *non-Uniform rational B-splines* é um modelo matemático desenvolvido por engenheiros, na tentativa de aproximar-se da harmoniosa concepção das superfícies existentes na natureza. Este objetivo parece plausível diante do real fato que os levou às pesquisas. Novos conceitos para o processo de

desenvolvimento de produto deveriam ser criados para a linguagem apropriada do sistema CAD, sem necessariamente passar por processos de construção de modelos físicos. Dois engenheiros, **Pierre Bézier** e **Paulo Del Casteljaú**, contratados para criar um modelo matemático que levasse ao sistema CAD o desejo de um futuro da sofisticação do design automobilístico. Um complexo sistema de produção de carros gradualmente comandado por outro complexo sistema de automação em que cada micro sistema contém outros micro independentes sistemas, mas todos eles regidos por um só “maestro”, o estado “ativado” ou “desativado”.

O primeiro programa de interatividade com a tecnologia *Nurbs* foi desenvolvido em Berlim, em 1993, e levou o nome de *Nörbs*.

Imagem da Wikipédia – NURBs

Subtração, União e Intersecção de sólidos. Rhinoceros (*software*) desenho do autor.

Para que os sistemas CAD se comuniquem entre si, foi preciso criar uma convenção padronizada das trocas de arquivos gerados em cada sistema, a “ISO 10303”⁶.

Diferentemente da superfície gerada pelo CAD, a malha ou *mesh* é a superfície dividida em triângulos cujas arestas (intersecção entre duas ou mais faces)

⁶ Esta é uma norma ISO para os computadores-interpretáveis, representação e intercâmbio de dados dos produtos industriais. Its official title is " Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange ", known as " STEP " or " Standard for the Exchange of Product model data ". Seu título oficial é "sistemas de automação industrial e de integração – Produto representação e troca de dados", conhecido como "STEP" ou "Norma para a troca de dados modelo de produto." (WIKIPÉDIA)

e vértices compõem esta divisão. O *mesh* se faz necessário para o processo de transferência de dados, no formato de algoritmos, de uma geometria criada no ambiente CAD para o sistema de impressão digital tridimensional, conhecida como prototipagem rápida. Um *solid* 3D para ser interpretado por outro sistema, o CAM, é exportado como uma malha dividida em vários vértices que formam um triângulo, este *solid* é “fatiado” previamente no computador gerando um arquivo no formato específico para máquinas de manufatura. Para cada camada, a máquina faz a leitura dos pontos x,y,z que são lidos por um programa computacional intermediário entre o CAD e o CAM. Quanto mais vértices, maior o tamanho do arquivo em bytes e maior o tempo de processamento da máquina sobre a geometria proposta em 3D. A malha pode ser otimizada propiciando maior ou menor número de vértices, porém mantendo a mesma precisão na representação do modelo 3D.

Software Rhinoceros. As três figuras da frente representam a “triangulação” da malha de superfície – MESHES. As três figuras do fundo representam os sólidos.

CAPÍTULO II

Prototipagem Rápida: Manufatura automatizada

O modelo físico de um produto tem sido desde a Antiguidade uma fase fundamental ao processo de desenvolvimento. Com o advento do computador a representação física dos produtos adequou-se do método antigo para o automatizado.

“Os principais processos de fabricação mecânicos possuem princípios normalmente derivados da **Fusão** e posterior moldagem do material (ex. vários tipos de fundição de metais em molde permanente ou não, moldagem por injeção de plástico etc.); da **Remoção** de material, até se chegar à forma desejada (torneamento, fresamento, furação, retífica, eletroerosão, usinagem química, eletroquímica etc.); da **Conformação**, que são aqueles que geram a geometria final da peça a partir da deformação plástica do material inicial (ex. forjamento, conformação e estampagem de chapas, extrusão, laminação, metalurgia do pó, entre outros) e de **Adição** de material (ex. soldagem, brazagem, colagem, entre outros – que podem promover a junção de partes mais simples para compor uma peça mais complexa). Nesse último grupo, também se encontra o processo de fabricação de peças em fibra de vidro, onde ocorre a adição de sucessivas camadas de fibras e resinas sobre um molde. Mais recentemente, no final da década de 80, um novo processo foi desenvolvido baseado também na adição de material, mas com a diferença de esta ser em camadas planas. Um grande diferencial deste em relação aos demais processos de adição é a facilidade de sua automatização, dispensando moldes e ferramentas, minimizando consideravelmente a intervenção do operador durante o processo. Isto foi alcançado, pois o mesmo utiliza as informações geométricas da peça a ser fabricada diretamente do sistema CAD para o planejamento do processo, que ocorre de forma bastante automatizada. As informações geradas são enviadas diretamente à máquina que, uma vez preparada, executa o trabalho sem assistência de um operador.”(VOLPATO, 2007:2)

As duas áreas técnicas responsáveis pelo avanço da prototipagem foram a topografia e a fotoescultura.

A primeira, investigada por **Blanthier** no ano de 1890, desenvolveu um método para moldes de mapas em relevo topográfico. Por meio de camadas de cera delineadas, foram sendo aperfeiçoadas e marcaram o princípio do processo de prototipagem. Outras tentativas foram realizadas com materiais diversos a cera.

Na segunda, em 1972, um engenheiro da General Motors desenvolveu um método de construção de um modelo com o uso de uma resina fotopolimerizável. Sua composição era de partículas refratárias como o pó de grafite ou areia. Esta resina, em determinadas regiões em que a luz de vapor de mercúrio se projetava, provocava o endurecimento daquela região.

Após vários trabalhos de pesquisa sobre as técnicas de topografia e fotoescultura surge, em 1982, a proposta da 3M de fazer um feixe de ultravioleta polimerizar um polímero fotossensível enquanto, através de um sistema de prismas, um computador comandava o feixe de laser no plano formado pelos vetores X e Y. A cada polimerização a camada descia 1 milímetro e nova quantidade de líquido polimerizável era adicionada para a construção da próxima camada. A empresa americana *3D Systems* lança a primeira máquina de prototipagem rápida, a SLA (*StereoLithography Apparatus*), em 1987. (VOLPATO, 2007)

O surgimento do desenho da perspectiva, no Renascimento, causou grande repercussão por sua nova forma de representação da realidade. Historicamente o desenho passou a ter categorias diferentes e, no caso da arquitetura, categorias dentro do sistema de projeto. Hoje, depois das experiências do período industrial e a caminho da convergência com a era do computador, máquinas capazes de ler modelos matemáticos e realizar operações que correspondem à manufatura de um objeto já são possíveis. O texto a seguir demonstra a inquietude dos pesquisadores desta área quanto às novas tendências que poderão influir não só para o desenvolvimento de produto, mas sim para a arquitetura.

“In the early 1970s, we observed a first relevant development in creating physical models of objects constructed from computer data files [Newman/Sproull :299⁷]. The use of numerically controlled milling machines was the essential of this technology. Mitchell wrote in 1977 that by "interfacing production machinery with computer graphics systems [...], a very sophisticated design/production facility can be developed" [Mitchell 1977, p. 372⁸]. But this way to build architecture models could not meet architectural requirements. Especially hollow spaces - as an important element of structure in generating architecture models like, for example, inner sides of buildings - could not be realized. So, this possible way of creating architecture models did not gain in significance in architecture and town planning. (CAAD futures Digital Proceedings 1991) This situation could change now. In the middle of the 1980s, a new technical development was to get attention because architectural applications were made possible, and some important architectural requirements were met. The heart of this new technology is the automatical production of physical forms based on photopolymer plastic together with a laser and a scanner controlled by a computer. As users in the discipline of mechanical engineering are able to create complex form structures, they characterize this process as computer-aided prototyping. The producer of this new tool calls it stereolithography. If this new technology of creating architecture models by stereolithography becomes more important in the architect's work, two questions are to be answered: 1. Which possibilities for architects will be offered by the stereolithography and which presuppositions in relation to available CAAD-systems have to be met ? 2. Which essential architectural design aspects have to be taken into account and have to be considered critically ?” (STREICH, 1991)

As linguagens se diferem e criam peculiaridades de comunicação entre as máquinas. Para que um modelo tridimensional digital seja lido, é preciso salvar o

⁷ Newman, W. M. and R.F. Sproull: Principles of Interactive Specification. Valencia, CA, October, 1989.

⁸ Mitchell, W.J.: Computer-Aided Architectural Design. New York, 1977.

arquivo em formatos propícios para que uma determinada linguagem comande corretamente as operações.

Normalmente, estes modelos originais não estão divididos em faces triangulares que são os modelos em superfícies *meshes*, para que isso ocorra existe um formato especial para a conexão entre as duas interfaces, o CAD e o CAM. A divisão em faces triangulares das superfícies originais deve ser cuidadosamente observada para que a manufatura automatizada resulte em boa qualidade.

A grande diferença entre um desenho feito a mão e por computador é que o segundo se representa tanto com a forma gráfica quanto numérica. O formato .STL possui duas formas de gravação. Uma para a linguagem ASCII, de fácil edição por qualquer programa de edição de texto, sendo que cada face do triângulo está descrita por completo. A outra para uma linguagem que compacta e carrega com mais rapidez que é o Binary STL, em forma esquemática separada em conjuntos.

```
solid
facet normal 1.000000 0.000000 0.000000
  outer loop
    vertex 6.000000 -6.000000 -6.000000
    vertex 6.000000 6.000000 6.000000
    vertex 6.000000 -6.000000 6.000000
  endloop
endfacet
facet normal 1.000000 0.000000 0.000000
  outer loop
    vertex 6.000000 -6.000000 -6.000000
    vertex 6.000000 6.000000 -6.000000
    vertex 6.000000 6.000000 6.000000
  endloop
endfacet
facet normal -1.000000 0.000000 0.000000
  outer loop
    vertex -6.000000 -6.000000 -6.000000
    vertex -6.000000 -6.000000 6.000000
    vertex -6.000000 6.000000 6.000000
  endloop
endfacet
facet normal -1.000000 0.000000 0.000000
  outer loop
    vertex -6.000000 -6.000000 -6.000000
    vertex -6.000000 6.000000 6.000000
    vertex -6.000000 6.000000 -6.000000
  endloop
```

```

endfacet
facet normal 0.000000 1.000000 0.000000
  outer loop
    vertex -6.000000 6.000000 -6.000000
    vertex 6.000000 6.000000 6.000000
    vertex 6.000000 6.000000 -6.000000
  endloop
endfacet
facet normal 0.000000 1.000000 0.000000
  outer loop
    vertex -6.000000 6.000000 -6.000000
    vertex -6.000000 6.000000 6.000000
    vertex 6.000000 6.000000 6.000000
  endloop
endfacet
facet normal 0.000000 -1.000000 0.000000
  outer loop
    vertex -6.000000 -6.000000 -6.000000
    vertex 6.000000 -6.000000 -6.000000
    vertex 6.000000 -6.000000 6.000000
  endloop
endfacet
facet normal 0.000000 -1.000000 0.000000
  outer loop
    vertex -6.000000 -6.000000 -6.000000
    vertex 6.000000 -6.000000 6.000000
    vertex -6.000000 -6.000000 6.000000
  endloop
endfacet
facet normal 0.000000 0.000000 1.000000
  outer loop
    vertex -6.000000 -6.000000 6.000000
    vertex 6.000000 6.000000 6.000000
    vertex -6.000000 6.000000 6.000000
  endloop
endfacet
facet normal 0.000000 0.000000 1.000000
  outer loop
    vertex -6.000000 -6.000000 6.000000
    vertex 6.000000 -6.000000 6.000000
    vertex 6.000000 6.000000 6.000000
  endloop
endfacet
facet normal 0.000000 0.000000 -1.000000
  outer loop
    vertex -6.000000 -6.000000 -6.000000
    vertex -6.000000 6.000000 -6.000000
    vertex 6.000000 6.000000 -6.000000
  endloop
endfacet
facet normal 0.000000 0.000000 -1.000000
  outer loop
    vertex -6.000000 -6.000000 -6.000000

```

```

vertex 6.000000 6.000000 -6.000000
vertex 6.000000 -6.000000 -6.000000
endloop
endfacet
endsolid

```

Exemplo da representação numérica de um cubo de 12" x 12" x 12" salvo para a linguagem ASCII STL.

```

#
# This can be a comment
#
g object_1
v -6.000000 -6.000000 -6.000000
v 6.000000 6.000000 -6.000000
v 6.000000 -6.000000 -6.000000
v -6.000000 6.000000 -6.000000
v -6.000000 -6.000000 6.000000
v 6.000000 -6.000000 6.000000
v 6.000000 6.000000 6.000000
v -6.000000 6.000000 6.000000
vn 0.000000 0.000000 -1.000000
vn 0.000000 0.000000 1.000000
vn 0.000000 -1.000000 0.000000
vn 0.000000 1.000000 0.000000
vn -1.000000 0.000000 0.000000
vn 1.000000 0.000000 0.000000
f 1//1 2//1 3//1
f 1//1 4//1 2//1
f 5//2 6//2 7//2
f 5//2 7//2 8//2
f 1//3 6//3 5//3
f 1//3 3//3 6//3
f 4//4 8//4 7//4
f 4//4 7//4 2//4
f 1//5 8//5 4//5
f 1//5 5//5 8//5
f 3//6 2//6 7//6
f 3//6 7//6 6//6

```

Exemplo da representação numérica de um cubo de 12" x 12" x 12" salvo para a linguagem Binary STL.

Os modelos tridimensionais, após a década de 80, dividiram-se em físicos e virtuais. Consideram-se físicos a maquete, o modelo volumétrico, *mock-ups* e protótipos.

Os virtuais são desenhos representados tridimensionalmente por modelos matemáticos traduzidos em linguagens específicas do computador. A interface do

programa de gráfico vetorial proporciona a apresentação gráfica no monitor para o diálogo entre o autor e o modelo.

A técnica de construção de modelos físicos tem sido historicamente uma estratégia para o processo natural de desenvolvimento de produto, cujo objetivo é o esclarecimento na sua mais ampla significância. No livro recente sobre “Os dez casos do design brasileiro”, lançamento da editora Blucher, a dupla de designers **Célio Teodorico** e **Aldrwin Hamad** conta sobre o desenvolvimento do Specto, um emissor eletrônico de senhas. O destaque selecionado ressalta um testemunho sobre a relevância da confecção de modelos físicos.

“Os desenhos dessas alternativas foram otimizados e partimos para a confecção de modelos de volume para visualização e refinamento formal, (aqui cabe comentar que fazer modelos de volume, de estudos ou mesmo de apresentação é uma fase importantíssima no processo de design). Não vemos a modelagem tridimensional como uma fase executiva, mas, sobretudo, como uma maneira de buscar um aprimoramento formal nos detalhes, nas transições de linhas e planos, conciliando aspectos funcionais e uma intenção formal, ou seja, buscar um caráter próprio.”

(...) “Em um dia de trabalho, com minha prancheta companheira, fiz um desenho técnico do produto e passei para Aldrwin fazer a modelação 3D e todo o detalhamento com a disposição dos vários itens eletroeletrônicos e especificações em geral. Desta forma fui encarregado da confecção do protótipo funcional, digo eu e o Fábio Rautenberg (um grande amigo do extinto LDBI) para ficar pronto em poucos dias. Confeccionamos o modelo funcional em MDF e espuma de poliuretano com acabamento superficial em tinta automotiva.” (TEODORICO e HAMAD, 2008)

O modelo físico pode ser um conjunto de peças desenhadas anteriormente prevendo todos os encaixes e conexões, sendo que as peças podem ser modeladas em vários tipos de materiais. Porém, o que interessa neste capítulo são as peculiaridades na manufatura automatizada dos modelos realizados pelo sistema CAD/CAM.

Os modelos físicos diferenciam-se pelas técnicas de sua confecção e pelas finalidades precípuas para que são elaborados. Assim, têm-se modelos realizados manualmente, que são os modelos volumétricos usados na arquitetura, que servem para esclarecer dúvidas visuais sobre um espaço ou objeto de uma escala cem vezes maior, o que nem sempre satisfaz plenamente o que se desenha. O *mock-up*, termo corriqueiro em desenho industrial, orienta a equipe de projeto para as novas indagações formais e funcionais. Faz parte do processo normal de representação da realidade enquanto as idéias ainda estão sendo investigadas. O protótipo parcial serve, mesmo com materiais diversos ao produto final, para realizar testes de funcionamento. Já o protótipo completo se diferencia por ser completo e, por fim, os protótipos alfa, beta etc., são modelos distribuídos para um grupo limitado de usuários que farão uma avaliação ou, no caso de um programa computacional, este é disponibilizado na rede de internet para teste de uso antes de lançarem o definitivo. (VOLPATO, 2007).

“Com freqüência, é construído um modelo em escala para estudar, analisar e refinar um projeto. Para instruir o artesão de uma oficina de modelos na construção do protótipo ou modelo, são necessários desenhos cotados ou modelos computacionais. Um modelo em tamanho real para as especificações finais, exceto possivelmente para materiais, é conhecido como protótipo. O protótipo é testado e modificado naquilo que for necessário, e os resultados são observados na revisão dos esboços e desenhos de execução.” (GIESECKE, 2002:20)

Em vista do alto custo e tempo envolvidos para a construção de um protótipo, quando não é satisfatório, o sistema CAD contribui significativamente para a diminuição de ambos.

Um protótipo virtual assume a mesma idéia do modelo físico, o que difere um do outro é o modelo matemático. Os parâmetros adotados para o modelo podem simular e ensaiar situações do tipo “O que aconteceria se...”. Programa como o solidworks modela protótipos virtuais para desenho industrial assim como o Revit

modela para a arquitetura. São programas inteligentes que não administram apenas os parâmetros atribuídos aos objetos, mas, sobretudo, ao sistema total que abrange todo o projeto do produto ou do edifício.

Um protótipo de usinagem por CNC (controle numérico computadorizado) antecede a prototipagem rápida. As operações simultâneas de uma máquina são controladas por este sistema CNC. São vários os tipos de máquinas automatizadas para cada tipo diferente de tarefa realizada: torno, fresadora, jato de água e outras.

Imagem da máquina CNC, do tipo fresadora, adquirida pela FAAP.

O sistema de PR é definido de acordo com a matéria prima utilizada: líquido – Estereolitografia (SL); Impressão a Jato de Tinta; IJP – in Vision; Modelagem por Fusão e Deposição – FDM; Manufatura Laminar de Objetos – LOM; Tecnologia com Lâminas de Papel – PLT; IJP – Thermojet; IJP – Benchtop; Sinterização Seletiva a Laser – SLS; Sinterização a Laser – EOSINT; Impressão Tridimensional – 3DP; Fabricação da Forma Final a Laser – LENS; e, 3DP – ProMetal.

Estereolitografia. <http://home.att.net/~castleisland/sl.htm>

Manufatura Laminar de Objetos – LOM. <http://home.att.net/~castleisland/lom.htm>

Modelagem por Fusão e Deposição – FDM.

<http://home.att.net/~castleisland/fdm.htm>

Sinterização Seletiva a Laser – SLS. <http://home.att.net/~castleisland/sls.htm>

O primeiro equipamento SLA (*Stereolithography Apparatus*) de PR foi usado nos Estados Unidos, em 1987, pela empresa 3D Systems. A resina líquida fotocurável fica em um recipiente que contém uma bandeja nela mergulhada a qual é deslocada

para cima e para baixo no eixo z. O raio UV ultravioleta é lançado sobre a bandeja delimitando o formato da camada bidimensional x e y. A camada passa do estado líquido para o sólido ao ser polimerizada, a bandeja é deslocada para baixo e uma nova camada é redesenhada pelo feixe de luz, essa nova camada vai aderir à anterior, até que a peça seja construída por completo. A peça, após o término desse processo, é levada para um forno para a cura da resina.

<http://www.castrep.com/sla.html>

O processo de PR baseado em sólido com adição por camadas normalmente é encontrado no formato de filamento, lâmina ou sem forma específica, pois será fundido para ser depositado. Esse processo necessita da criação de estrutura de suporte para as peças que possuem intervalos entre um sólido e outro. Nesse caso a máquina possui outro bico extrusor exclusivo para os suportes e com materiais menos resistentes para a retirada depois da peça pronta.

O processo de PR baseado em pó facilita a maleabilidade do trabalho com uma grande variedade de materiais. O processo de Impressão Tridimensional tem sido considerado o mais popular equipamento de prototipagem do mercado.

Cortesia da empresa Seacam – Representante da ZCorp (inovação em impressão 3D) no Brasil.

Cortesia da empresa Seacam – Representante da ZCorp (inovação em impressão 3D) no Brasil.
Baseado em pó esta impressora 3D acrescenta pigmentos.

Cortesia da empresa Seacam – Representante da Zcorp.

Cortesia da empresa Seacam – Representante da Zcorp.

Arquitetos renomados internacionalmente como **Frank Gehry**, **Zaha Hadid**, **Greg Lynn**, entre outros, foram adeptos das novas condições disponíveis dos sistemas CAD/CAE (*computer aided engineering*) /CAM no processo natural desde a concepção à realização de seus projetos.

Frank Gehry, antes de começar o uso do sistema CAD em seus projetos, ele fez um teste para a construção de uma escultura em frente a um complexo hoteleiro

em Barcelona, em 1992. A escultura devia ser realizada em um curto espaço de tempo e com a verba limitada. O sistema CAD adotado foi eficiente e resolveu dentro do prazo previsto a escultura na forma de um grande peixe cuja estrutura são tiras de metal.

No momento em que o modelo físico está pronto, o processo de digitalização do objeto se inicia. O sistema CAD/CAM capta todos os pontos referenciados do modelo físico e os passa para o computador em forma de modelos matemáticos representados por malhas. Uma máquina de corte com tecnologia CNC recebe as instruções do controle numérico que otimiza o corte das folhas de aço para a vedação ou cobertura da edificação, mantendo as curvas originais do projeto.

<http://www.flickr.com/photos/archimap/sets/72157605377674047/>

http://www.mimoa.eu/images/893_1.jpg

<http://www.flickr.com/photos/archimap/sets/72157605377674047/>

Vale desviar o foco para um projeto cujo nome é “casa de aço”, no Texas – EUA, do escultor **Robert Bruno**. No período de 1974 a 2002, vinte e oito anos, Bruno construiu uma escultura em aço, habitável.

www.robertbruno.com

Alguns comentários publicados da arquiteta **Zaha Hadid** descrevem suas experiências com relação ao uso do computador. Por meio da tecnologia podemos atingir determinadas coisas, mas não, abstrair. Com a perspectiva à mão você pode decidir o que quer ser mostrado e editado no mesmo tempo em que faz os traços. O computador apresenta muitas secções de um mesmo projeto ou modelo em 3D, propiciando um leque de visualização para a continuação de sua própria abstração conceitual. (SCHUMACHER, 2004) **Zaha Hadid** insiste em dizer que embora sejam diferentes maneiras de representação, os modelos físicos e os *sketches* são fundamentais para seu trabalho.

Para **Lynn** as mudanças do processo de projeto devido ao surgimento do sistema CAD, na Arquitetura, serviram como um meio investigativo formal e estético de representação. Para cada projeto e orçamento tem-se um novo desafio para as pesquisas das formas por meio da continuidade de superfícies (conceito de homomorfismo⁹). Os recursos computacionais para as fases de concepção, produção e manufatura desenvolvidas para o desenho industrial, aeronáutica, naval, automotiva, indústria do cinema, entre outros, estão sendo emprestados, por que não, para a produção da arquitetura contemporânea. (LYNN, 2007)

“Novas maneiras de pensar e de conviver estão sendo elaboradas no mundo das telecomunicações e da informática. As relações entre os homens, o trabalho, a própria inteligência dependem, na verdade, da metamorfose incessante de dispositivos informacionais de todos os tipos.

Na época atual, a técnica é uma das dimensões fundamentais onde está em jogo a transformação do mundo humano por ele mesmo.” (LÉVY, 1993:7)

A percepção sobre a procura dos estudantes de desenho industrial pelo a modelagem digital e física como um meio de visualização e compreensão de suas próprias idéias de concepção do objeto é pertinente para uma reavaliação do processo cognitivo dos estudantes de arquitetura.

⁹ Homomorfismo: Homomorfo que tem a mesma forma. Diz-se dos compostos orgânicos que possuem a mesma forma. Grande dicionário Larousse Cultural da Língua Portuguesa.

As disciplinas específicas do curso de Arquitetura, cujo objetivo é o esclarecimento técnico construtivo, seriam amplamente beneficiadas com a adoção do programa Rhinoceros, já utilizado em Desenho Industrial, como um suporte na formação de um novo perfil de estudante de arquitetura. Um estudante mais preparado para soluções da construção do edifício e, não tanto, como revisor de desenhos técnicos. O sistema de modelagem de informação do edifício está sendo implementado no mundo aos poucos e sua tendência sinaliza para a permanência. Isto implica em uma nova realidade ao produzir projetos de arquitetura.

Experiências de integração entre disciplinas no curso de desenho industrial mostraram-se eficazes. A disciplina de ergonomia juntamente com a de modelagem digital tem desenvolvido trabalhos em que uma fornece subsídios para a outra. Uma mistura de técnicas digitais e manuais é realizada ampliando as possibilidades de opções de estudos da forma do objeto.

Proposta para um cabo de rodo de pia. Ergonomia e Computação Gráfica II

Exposição dos trabalhos dos estudantes de desenho industrial, 2008.
Integração entre Ergonomia e Computação Gráfica II

Exposição dos trabalhos dos estudantes de desenho industrial, 2008.

Exposição dos trabalhos dos estudantes de desenho industrial, 2008.

CAPÍTULO III

SISTEMA BIM – MODELAGEM DE INFORMAÇÕES DA CONSTRUÇÃO

A idéia da integração entre o CAD e a construção civil surgiu devido à necessidade de controle sobre os programas de larga escala realizados na política pública do governo britânico. Foi instalado no ano de 1969, em Cambridge, um escritório para as pesquisas de protótipos de sistemas aplicados à construção utilizando como base o CAD.

Uma das empresas pioneiras do continente europeu foi a Tekla instalada na Finlândia. Um grupo de escritórios de engenharia fundou uma companhia de desenvolvimento de um programa de computação aplicado às áreas de arquitetura, engenharia e construção – AEC. O objetivo era fornecer possibilidades de ensaios do objeto visando avaliar a funcionalidade, a forma e o desempenho ao mudarem, apenas, os parâmetros de cada objeto.

www.tekla.com - Tecnologia BIM.

www.tekla.com - Tecnologia BIM.

O que vem a ser um sistema BIM (*Building Information Modeling*)? Suponha-se que se deseja que toda a complexidade de um edifício completo, já construído, esteja representada pelo sistema binário, isto é, no computador. Para que isso ocorra desenvolveu-se um sistema computacional capaz de reproduzir um edifício completo, incluindo todos os módulos envolvidos pela construção civil, estrutura, elétrica, hidráulica e arquitetura. Os principais fatores relevantes à adoção do novo sistema são a produtividade, acessibilidade, cronograma, orçamento e risco. Estes procedimentos visam à produtividade, porque, ao produzir no modelo digital qualquer modificação, dadas as novas informações, automaticamente, serão atualizadas em todos os demais módulos, além da acessibilidade devido à conexão direta com as indústrias da construção para a inserção de blocos referenciados, não contando o restante que é diretamente ligado à transferência do papel para o canteiro de obra.

O arquiteto **Frank Gehry** inovou o processo que envolve desenho, projeto e construção em sua obra, conhecida como um marco de mudança de paradigma em Arquitetura, o museu de Guggenheim de Bilbao na Espanha.

Imagens do processo adotado para o Museu Guggenheim, em Bilbao na Espanha, 2000. Bruce Shepard foi o autor do modelo digital no *software* CATIA. http://www.arcspace.com/gehry_new/

DG Bank Berlin. Frank O. Gehry. Fonte: imagem da Internet/ Photo: Mrs. Waltraud Krase
Os responsáveis pelo modelo Digital foram Rick Smith e Bruce Shepard.

Com todo o acúmulo de experiências em sistemas computacionais gráficos aplicados na realização desta obra, **Ghery** formou uma equipe (*Gehry Technologies, Inc.*) de consultores, equipe de treinamento, especialistas em modelagem digital etc., além de uma equipe de desenvolvedores de um novo programa, *Digital Project*, que é um pacote de aplicativos para soluções em construção civil, cuja base é o CATIA¹⁰.

¹⁰ Usando a mais alta tecnologia, a solução CATIA V.5 atende de forma completa os processos de desenvolvimento do produto, a partir da especificação e concepção até a linha de produção, de forma associativa e integrada. Isto facilita a engenharia simultânea através das diversas áreas e departamentos da empresa e de seus fornecedores, como estilo, desenho mecânico, equipamentos e meio de produção, simulações de montagem, análise estrutura e usinagem. A solução CATIA V.5 permite as empresas capturar e usar o "know-how" adquirido no desenvolvimento do produto acelerando o ciclo de desenvolvimento, o que ajuda as empresas a chegarem rapidamente ao mercado com produtos criativos e inovadores. <http://www.alphachannel.com.br/page.php?menuid=378>

<http://www.gehrytechnologies.com/>

Village Queensridge – Las Vegas

<http://www.gehrytechnologies.com/>

Village Queensridge – Las Vegas

<http://www.gehrytechnologies.com/>

Lincoln Center Alice Tully Hall – NY.

Autor do projeto: Dillar Scofido + Renfro. Desenvolvimento de projeto: Gehry Technologies.

Um projeto de grande porte necessita de uma equipe multidisciplinar composta por especialistas e todo esse suporte de conhecimento é transferido para o computador que processa, cruza e consolida as informações. Dez projetos referenciais no âmbito da arquitetura contemporânea foram erguidos por um novo conceito de gestão em que converge a prática da arquitetura, engenharia e construção, o BIM. A empresa Gehry Technologies, inc. pode ser considerada uma precursora do novo paradigma de gestão de projetos, em que prestam serviços os grandes nomes, responsáveis pela nova estética urbana mundial: Beijing National Stadium, City Plaza Hotel, Lincoln Center - Alice Tully Hall, Lou Ruvo Brain Institute, New World Symphony, Museum of Biodiversity, One Island East, San Li Tun, Taikoo Hui, Village at Queensridge.

“Under certain circumstances it may be very useful to consider a further level of integration: the integration of a computer-aided design system with a building system to produce a comprehensive building design and construction system. There are several potential advantages to this approach. The use of a consistent, rationalized building system, where choices of components are well and narrowly defined and where precise rules of assembly are specified, vastly simplifies the technical problems of computer software development. Not only is it possible to successfully implement automated analysis and documentation routines, it is also possible to develop quite powerful and sophisticated automated design synthesis routines for use in certain circumstances. The context of large-scale, repetitive building programs, in which economy and speed of construction are emphasized, is where industrialized building systems have shown themselves to be most effective; it is likely to be where computer-aided design systems can have their greatest immediate impact.

A recent analysis of requirements for the development of a such integrated systems (Hoskins 1973) concluded that the following are required, on the building system side, for full realization of the benefits of a comprehensive integrated system: (...)” (MITCHELL, 1977 p.100)

The pioneering integrated system in Britain was developed by the West Sussex County Council design offices in Chichester (Ray Jones 1968,

Paterson 1972, 1974). It was an interactive graphics system, employing refreshed cathode ray tube graphics terminals equipped with light pens and driven by an in-house IBM System/370 computer. West Sussex employs the SCOLA industrialized component building system, and utilizes a serial tendering relationship with contractors whereby bids are made to produce a certain volume of construction of a certain type for a certain price before the buildings to be produced have actually been designed. This allows prices to be accurately known at the design stage. The computer system provided facilities for interactive graphic descriptions of buildings, and cost analyses of SCOLA building designs (based on the known unit prices), plus environmental and structural evaluations, and automatically generated construction documentation. (...)” (MITCHELL, 1977:101)

West Sussex employs the SCOLA industrialized component building system.

Escritórios de Arquitetura, Engenharia e Construtoras procuram inovar o processo de integração entre si através da nova gestão de projeto aplicado à produção do espaço urbano. No Brasil existe uma política de disseminação do sistema BIM pela empresa da Autodesk, cujo programa gráfico específico dessa área é o REVIT.

“There is only one way to create mature 3-D architecture, and that is to do all the work in three dimensions. Communication between the parties in the building process should be done exclusively through 3-D models, either virtual computer models or physically materialized models. If implemented, this process will consequently have an enormous impact on the designer's profession. An as yet unknown complexity of forms and shapes will enter the world of architecture. Curves, splines and double-curved surfaces (surfaces that contain no straight lines in any direction) will become natural tools for the designer. The architect will be both sculptor and technician at the same time. Architects will have the tools to study the interaction between imagination and technique. They will be able to integrate their intuitive imaginations with the dry administration of data, regaining cybernetic control over the building process.” (OOSTERHUIS, 1995)

Será preciso esperar um tempo de adaptação e readequação da infra-estrutura dos escritórios que irão praticar o uso do sistema BIM, pois este requer tempo de aprendizado, isto é, equipes de treinamento com a condição de dar suporte, atualização de máquinas que suportem a capacidade de processamento de dados e a formação da rede integrada entre os escritórios, além de outros fatores derivados de um processo normal de introdução de uma nova gestão. Mais um motivo para direcionamento do aprendizado dos recursos.

Oosterhuis realizou um projeto colaborativo¹¹ para a intervenção na paisagem urbana de Nesselande próximo a Rotterdam. Por meio de um jogo, os participantes

11 “Real-time urban design tool

This project is located in Nesselande, which is in the vicinity of Rotterdam · It is a site of 20ha and lies next to the A20 · The site needs a soundbarrier because the area behind the site is a park-city-zone · The buildings and landscape in this proposal are considered as continuity which cannot be separated · The 3-dimensional landscape can be transformed into a building · Even the soundbarrier is formed by the heads of the buildings · In that way, they are clearly visible from the A20 because they are not behind the soundbarrier, but they take part of the soundbarrier · The landscape consists of 3 waves, parallel to the A20: 1) The Tsunami-wave: This is the soundbarrier with the heads of the buildings · The Tsunami-wave is heavily curved on the side of the bridge and loses its curve the farther you go from the bridge, the fusion landscape-building is curling like a gigantic waterwave - the Tsunami - · The bridge continues the shape of the Tsunami · 2) Middle-wave: This wave is also a hybrid shape between building and landscape · 3) Short-wave: These 11 locations are destined to be a mixture between living and working ·

mudam os parâmetros do modelo tridimensional visualizando, em tempo real, a forma em que está sendo adaptada. O jogo nunca recomeça. A interface digital a serviço do cidadão que pode pensar em um futuro mais participativo nos projetos urbanos. Pode-se considerar o projeto de arquitetura colaborativo, por meio da internet, como parte do processo de introdução de novas gestões de projeto.

The directors of the companies that would like to build in Nesselande are becoming a participator in the architectonical and urban development · They are submitted to certain rules which they must obey to get an overview of the total Nesselande-area · Within these rules, the participators can adjust their own parameters of the design-formula, still staying inside a given width · This width is chosen according to the flows of the landscape · Continuity is the main theme between relations such as volumes, buildings-landscape and facades-roofs ·

The interactive game "Participator Nesselande" gives the companies an immediate overview of the building-possibilities on the site · The rules of this game are the urban criteria and the architectonical rules · By playing this game, the stakeholders have an immediate view in the consequences of a choice that they make · By making the choices visible in an interactive, architectural, urban 3d-model, the process of designing and deciding are going a lot quicker · The requests of the city are a design-rule in the game, so the game has never got to restart · The stakeholders can easily adjust their own building so that the other participants can see the effect instantly · This game has a big effect on the contact between the city and the clients·

The model is completely parametric · All building-elements are dynamically connected to each other · There is a possibility to fix certain parameters, when a client has a desire to do so · This technique of designing parametrically is used by the stakeholders·”

date: 2002

site: Rotterdam Nesselande

project architect: Prof ir Kas Oosterhuis

design team: Kas Oosterhuis, Sander Boer, Cas Aalbers, Dara Burke, Christian Friedrich, Stefan Schneider, Gon Zifoni

client: OBR Rotterdam

<http://www.oosterhuis.nl/quickstart/index.php?id=157>

<http://www.oosterhuis.nl/quickstart/index.php?id=157>

CAPÍTULO IV

SISTEMA GIS – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

A sociedade está conectada vinte quatro horas em um espaço virtual cujo dimensionamento mal se consegue entender ou materializar. Projetos colaborativos como dicionários, enciclopédias e grupos temáticos, estão sendo fabricados na rede mundial de informação, a internet. Nesse universo imenso de objetos reais e virtuais, qual seria a melhor estratégia orientada no aprendizado dos estudantes de arquitetura, já que estes têm a responsabilidade, ao menos na teoria, de integrar as pessoas em projetos de intervenção do objeto manufaturado sobre o espaço natural de nosso planeta?

Isso parece algo cultural ou ligado ao amadurecimento de uma sociedade, tal como a dos índios do Xingu que levaram anos passando suas tecnologias da construção para as novas gerações as quais aperfeiçoaram os sistemas de ocupação de suas tribos. Esta visão, nos países do primeiro mundo, faz parte do maior comprometimento da população com o bem estar e qualidade de vida, não apenas para a sua própria região, e sim com o seu impacto no mundo como um todo.

Estudos para a prática da arquitetura, diferentemente da prática do urbanismo, exigem uma metodologia diferente das que são destinadas à compreensão de uma área maior como região, cidade, bairro e gleba. Estas se utilizam de mapas que representam os recursos hídricos, topográficos, vegetação etc. Programas computacionais especializados na área de geografia são capazes, tanto no modo bidimensional como no tridimensional, de modelar os dados orientados ao objeto, isto é, cada polígono representante de uma edificação geograficamente referenciada.

Aziz Ab'Saber faz um alerta aos estudantes de arquitetura sobre a importância de buscarem conhecimentos básicos da geografia pelo simples fato de sermos, hoje, cidadãos do mundo. Os meios de comunicação levam em tempo real os acontecimentos do outro lado do mundo, abrindo possibilidades de trabalho, para o arquiteto, em qualquer lugar do planeta. A visão holística do espaço natural deve ser

cultivada para saber respeitar a intervenção sobre o espaço habitável, por isso as especialidades, muitas vezes, são a causa da falta de organização na produção do espaço total. (DOMSCHKE,2007)

Para as áreas específicas de um centro urbano, o sistema GIS (*Geographic Information System*) tem ampla aplicabilidade para as ações nos setores de obras públicas, meio ambiente e planejamento urbano. Tanto gestores como a equipe de planejamento de um centro urbano se beneficiam para um alto padrão de gerenciamento de um sistema tão complexo como a infra-estrutura que compõe uma cidade.

Cursos para o aprendizado das técnicas e habilidades do sistema GIS são ministrados no M.I.T. com o propósito de ajudá-los para um desenvolvimento mais sólido, na busca de repertórios que justifiquem maior entendimento de seus próprios projetos conceituais. Apoiados pela empresa ESRI (*Environmental Systems Research Institute, Inc.*) os cursos dão condições de dinamismo visual e informativo para que boas interpretações de imagens resultem em bons planos diretores. Esta mesma empresa possui uma estratégia de implantação deste sistema em escolas primárias e secundárias como instrumento didático.

Compactuar com esta estratégia seria contribuir para o aumento de interesses na formação de urbanistas?

As aulas de geografia deixariam de ser apenas por leituras de mapas e dados fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para serem aplicadas na prática em pequenos projetos de bairro. Os jovens fariam seus próprios levantamentos e os dados gerenciados pelo sistema GIS estariam disponíveis em relatórios visuais e dinâmicos tornando-se um processo mais atraente. Sabe-se que até as escolas de ensino infantil têm aplicado a prática de conceitos sobre cidadania e meio ambiente, na tentativa de educar as crianças para boas ações sobre espaço em que vivem. Estes alunos, futuros estudantes de arquitetura ou desenho industrial, chegariam mais sensibilizados à faculdade quando o assunto é intervenção em busca de melhor qualidade no espaço urbano. Portanto, em cursos de desenho industrial

ainda há poucos trabalhos de conclusão de curso preocupados com o desenho de equipamento urbano. O mesmo acontece nos trabalhos finais de graduação do curso de arquitetura, em que poucos se preocupam com o assunto associado ao desenho e planejamento urbano.

Seis elementos foram elencados como essenciais para o uso do sistema nas disciplinas de geografia. Segundo o plano estratégico da empresa, os elementos são: a forma espacial de visualização do mundo; zoneamento cultural; a topografia como determinante dos limites; configurações sócio-políticas e econômicas; o meio ambiente natural e construído e interpretações geográficas do passado para decisões no presente e para o futuro. A rapidez da consolidação dos dados fornecidos, anteriormente pesquisados, e a flexibilidade ao mudar os parâmetros são as vantagens de criar condições melhores para o desenvolvimento do mapa mental, importantíssimo para a visão holística citada por **Aziz Ab'Saber**.

“Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino. Esses fazeres se encontram um no corpo do outro. Enquanto ensino, continuo buscando, re-procurando. Ensino porque busco, porque indaguei, porque indago e me indago. Pesquiso para constatar, constatando intervenho, intervindo educo e me educo. Pesquiso para conhecer o que ainda não conheço ou anunciar a novidade.” (FREIRE, 1996:29)

A capacidade de divisão em camadas por tema discutido é um recurso muito comum aos sistemas CAD. Neste caso, dividir em camadas uma região por hidrografia, topografia, ecologia, geologia, ocupação do solo, infra-estrutura, geologia, tipos de solos, vias de acessos, parcelamento do solo, características demográficas, entre outros derivados, facilita o cruzamento de dados entre os mapas temáticos. Esta dinâmica de combinações em tão pouco tempo e a visualização “geo-referenciada” só têm a colaborar para um modelo de sociedade industrial pasteurizada na digital, que ainda não se pode afirmar que seja melhor, mas é um tanto peculiar, que não deve ser ignorada.

Vegetação (zoom)

www.geodados.com.br

Curvas de nível (zoom)

www.geodados.com.br

Ainda são poucas as experiências de introdução do sistema GIS nas faculdades de Arquitetura. Não houve uma investigação apropriada para este trabalho, no entanto, em uma escola particular de Lins mantida pela Fundação Paulista de Tecnologia (ETL), desenvolveu-se um conteúdo programático, utilizando-se programas de computação específicos para a disciplina de geografia. Constataram-se modelos de

aprendizados abrangentes quando este se trata da construção do conhecimento global do indivíduo.

A metodologia, com o auxílio do sistema GIS, aplicou-se às 5ª, 6ª, 7ª e 8ª séries do ensino fundamental, tendo para cada nível um objetivo diferente de aprendizado. No primeiro, a alfabetização do mundo cartográfico. “(...) utilizando-se de uma foto aérea recente do campus da Fundação (escala 1:8000) e o *software* de geoprocessamento - SIG CTGEO, os alunos aprendem como georeferenciar e vetorizar uma foto.”

No segundo nível, é o trabalho de campo, o de captar os pontos e localizá-los no mapa e georeferenciá-los. No terceiro nível, aplica-se o conceito de banco de dados e orienta-os ao sistema vetorial até esta fase. No quarto e último nível, os dados são cadastrados e mapas temáticos são gerados. Isto possibilita uma posição mais ativa diante da análise de probabilidades e, neste ponto da metodologia aplicada é crucial a boa orientação dos professores que serão os autores responsáveis pelo desenvolvimento do poder de síntese desses indivíduos.

“Esse trabalho constitui-se numa abordagem das possibilidades do geoprocessamento na produção de material didático. Aponta as potencialidades do SIG¹² e o avanço que este pode imprimir no desenvolvimento da cartografia escolar. Constata-se, também, que o uso do geoprocessamento na produção dos mapas agiliza o processo, permitindo, inclusive, simulações de situações relacionadas ao espaço, em constante modificação.

O fácil entendimento acerca do SIG-CTGEO¹³ Educacional, possibilitando acesso rápido às informações referenciadas cartograficamente, tem subsidiado a integração dos temas selecionados, não exigindo dos usuários

¹² SIG Sistema de Informação Gerencial

¹³ CTGEO, Centro de Tecnologia em Geoprocessamento, é a unidade do Centro Tecnológico da Fundação

Paulista (CETEC) que realiza os trabalhos voltados para a área de geoprocessamento. Considerado um dos maiores

centros de geoprocessamento do país, o CTGEO desenvolve trabalhos para dezenas de grandes empresas brasileiras

e internacionais, nos segmentos de telecomunicações, saneamento, agroindústria, prefeituras, entre outros.

conhecimentos especializados em Geoprocessamento. É de fundamental importância a introdução e difusão do conhecimento das novas tecnologias na área da educação no Brasil. Também é de suma importância a elaboração de um conteúdo programático que permita que o aluno e o professor tenham condições de pôr em prática as questões abordadas em salas de aulas. Baseado nestas premissas, o CTGEO e a ETL vêm realizando esforços em conjunto para o alcance dos objetivos propostos, que é ensinar o aluno sobre geoprocessamento e permitir ao professor condições mínimas para a aplicação da tecnologia como ferramenta de ensino.” (PAZINI, 2005 <http://marte.dpi.inpe.br/col/tid.inpe.br/sbsr/2004/11.22.19.05/doc/1329.pdf>)

A faculdade de arquitetura da Unicamp apresenta em sua grade curricular duas disciplinas referentes ao sistema GIS e sua aplicabilidade, que são a AU901 “Sistema de Informação Geográfica aplicado ao urbanismo” e AU902 “Geoprocessamento aplicado a arquitetura e engenharia civil”. Há, também, no curso de pós-graduação a disciplina – IC072 “Sistema de Informação Geográfica aplicada nas cidades”. A faculdade de arquitetura da PUC de Campinas é outra que possui disciplinas de introdução ao geo-processamento com quatro aulas semanais.

CAPÍTULO V

INFORMÁTICA APLICADA A PROJETOS

“In this revolutionary environment of information society architecture, as a cultural statement and manifestation of our life in space, seeks its redefinition and its reinvention as a new framework of values and principles, of knowledge, skills and competences, of tools and means, of priorities and preferences, as a new paradigm. New terms, notions and concepts emerge in the architectural vocabulary: liquid, hybrid, hyper, virtual, trans, morphogenetic, animation, seamless, skin, interactivity, parametric, nodes, machinic, morphing, self generating, build-ability, and so on. The consequence is that new values, new aesthetic principles and new forms of experimentation are rapidly grounded in the consciousness of the architects and have strong a impact on architectural education and on the teaching process.” (OOSTERHUIS, 2007)

Puntoni (1997) em sua tese de doutorado sustenta a necessidade de treinamentos da habilidade de fazer desenhos nos currículos do ensino fundamental, médio e superior e, em especial, para os cursos de arquitetura, de geometria projetiva e de desenho técnico. Sabe-se que não é possível representar o que não se conhece. Partindo deste pressuposto, o desenho por computador pode ser um catalisador entre as disciplinas de desenho instrumental, projeto e tecnologias da construção. O computador é um instrumento que facilita o direcionamento para melhores soluções a serem tomadas. No caso da arquitetura, inclui o poder instrumental de visualização e de uma ferramenta de criação. Trata-se de um instrumental de produção porque, após o conhecimento de alguns comandos, a operação dos mesmos aplica recursos digitais que possibilitam inúmeras formas de visualização de um objeto que ainda não é real. Trata-se de uma ferramenta de criação, porque a interface homem-máquina está cada vez mais estreita, quebrando-se o paradigma de que a criação de um projeto de arquitetura deve começar com os primeiros traços à mão livre no formato de croquis, permitindo, sim, que seja elaborado diretamente, no computador, em modelagem tridimensional. **Greg Lynn**, arquiteto americano, apresenta as condições

de criar formas complexas por meio do computador e seguir o processo de produção utilizando-se dos recursos eletrônicos como parceiros de suas criações. Ele acredita que tanto a prática quanto a produção do desenho da arquitetura, ambos, possam participar desta redefinição de conceitos sobre a cultura e o meio. A complexidade, fluidez e flexibilidade são características inerentes à tecnologia atual que deve, segundo **Lynn**, estar presente na forma do objeto que compõe o espaço urbano.

Selfridges department store in Birmingham England.
Blob Architecture. Termo criado por Greg Lynn em 1995.
Resultado de experimentos com a computação gráfica.

Museum de arte contemporânea. Kunsthaus.
Peter Cook e Colin Fournier

Nota-se que, no período entre os anos de 1995 e 2005, a informática avançava no sentido mais amplo do processo entre o projeto e a materialização. A Interface gráfica computacional e as facilidades de intercâmbio entre máquinas e sistemas abriram um vasto campo para reflexões sobre mudanças de comportamento, seja profissional, familiar ou político. A produção do espaço cultural passa por um momento de grande transformação e conseqüentemente tudo que o envolve. Pensando em contribuir para esse campo vasto de reflexões, recortou-se um tema aparentemente específico, com a ressalva de que as especificidades fazem parte de um todo e, portanto não se pode referir à arquitetura sem pensar no todo. O foco da contribuição é o papel das disciplinas de informática aplicadas à elaboração de projetos, estudantes de arquitetura e design. Para isso foram elencados alguns dos exercícios praticados em laboratórios de computação gráfica, tendo como princípios básicos as propriedades do sistema CAD como ferramenta e como instrumento didático.

As disciplinas relacionadas aos meios de representação, o desenho arquitetônico, baseadas em técnicas a mão livre, instrumental e computacional aplicadas à elaboração de projeto, ainda são questionáveis e aparentemente passam por um período de avaliação.

Mitchell, McCullough e Purcell apresentam, em “O laboratório de desenho eletrônico – A educação de arquitetos na era do computador”, o estado geral da problemática do computador como instrumento de projeto arquitetônico nas universidades dos Estados Unidos, Europa, Israel, Japão, Canadá e Austrália. Nos últimos vinte anos, o processo projetual tem sofrido mudanças por causa do uso do computador e, conseqüentemente, levantado questões sobre a educação dos futuros arquitetos que, sem poder optar por um caminho de volta, terão que se adaptar aos novos recursos.

(...) “A importância dos modelos digitais para a arquitetura está na capacidade de dominar e simular geometrias complexas.”(FLORIO, 2005:110)

O modelo digital vetorial é “uma matriz de informações sobre o espaço por excelência.” (FLORIO, 2005:176)

Florio em sua tese de doutorado fez um vasto levantamento dos recursos computacionais aplicados à geometria complexa presente na arquitetura atual. As citações acima constam da conclusão de seu trabalho e não deixam de ser verdades no que se refere ao modelo digital, mas é melhor pensar que a importância está em saber o que se quer de um modelo digital para que a capacidade de domínio e simulação das geometrias complexas aperfeiçoe a interpretação e aplicabilidade das mesmas.

“A intenção é demonstrar que a escolha das formas regulares esteve condicionada pelas limitações dos meios de representação, assim como restritas pelo conhecimento da geometria euclidiana e descritiva. Foi somente com o desenvolvimento da geometria que surgiram novas especulações formais e espaciais, especialmente a partir do século XVII. Portanto, foi essencial demarcar, ao longo da história, os principais acontecimentos que tiveram influência nas alterações no modo de produzir desenhos, e seus reflexos no modo de produzir o espaço arquitetônico.” (FLORIO, 2005:13)

Além das alterações do modo de produção dos desenhos referentes à produção do espaço houve as inovações tecnológicas aplicadas ao surgimento de novos materiais de construção, aperfeiçoamento das técnicas de trabalho devido às melhores condições de avaliação, que, também, refletiram no espaço urbano. Neste contexto de inovações, o comportamento do ser humano muda e se adequa às mudanças por simples condição de sobrevivência dentro de uma determinada sociedade constituída por sua própria evolução cultural.

“As técnicas determinam a sociedade ou a cultura? Se aceitarmos a ficção de uma relação, ela é muito mais complexa do que uma relação de determinação. A emergência do ciberespaço acompanha, traduz e favorece uma evolução geral da civilização. Uma técnica é produzida dentro de uma cultura, e uma sociedade encontra-se condicionada por suas técnicas. E digo *condicionada*, não *determinada*. Essa diferença é fundamental. A invenção do estribo permitiu o desenvolvimento de uma nova forma de cavalaria pesada, a partir da qual foram construídos o imaginário da cavalaria e as estruturas políticas e sociais do feudalismo. No entanto, o estribo, enquanto dispositivo material, não é a “causa” do feudalismo europeu. Não há uma “causa” identificável para um estado de fato social ou cultural, mas sim um conjunto infinitamente complexo e parcialmente *indeterminado* de processos em interação que se auto-sustentam ou se inibem. Podemos dizer em contrapartida que, sem estribo, é difícil conceber como cavaleiros com armaduras ficariam sobre seus cavalos de batalha e atacariam com a lança em riste...O estribo condiciona efetivamente toda a cavalaria e, indiretamente, todo o feudalismo, mas não os determina. Dizer que a técnica condiciona significa dizer que abre algumas possibilidades, que algumas opções culturais ou sociais não poderiam ser pensadas a sério sem sua presença. Mas muitas possibilidades são abertas, e nem todas serão aproveitadas. As mesmas técnicas podem integrar-se a conjuntos culturais bastante diferentes.”(LEVY,1999,p:25)

Consta no banco de dados da produção da USP um trabalho interessante que valida o foco da importância sobre os modelos tridimensionais produzidos no CAD. **Ferreira** mediu o quanto o sistema de CAD 3D influencia positivamente o processo de visualização e avaliação de sistemas construtivos na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações.

“Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de uso do CAD 3D para o desenvolvimento de projetos para produção de vedações verticais, sendo a compatibilização parte intrínseca do processo de projeto. A pesquisa foi organizada adotando-se três estratégias, com a finalidade de buscar sucessivas validações em relação às vantagens do uso do CAD 3D proposto quando comparado ao CAD 2D. As estratégias utilizadas foram: um estudo de caso piloto, um levantamento de dados e um experimento exploratório. O estudo de caso piloto e o experimento exploratório, nos quais foi utilizado o método proposto, possibilitaram concluir que o CAD 3D possui vantagens sobre o CAD 2D, sendo mais rápido e mais eficaz na verificação de interferências espaciais, especialmente em situações complexas. Através do levantamento de dados em projetos representados em CAD 2D, concluiu-se também que esse tipo de representação possui características que lhe conferem limitações e podem gerar erros de análise. Foram identificadas cinco características básicas da representação 2D, que podem induzir a erros: ambigüidade, simbolismo, simplificação, omissão e fragmentação. Estas conclusões validaram a proposta usando o CAD 3D para o desenvolvimento de projetos de vedações. A proposta deste trabalho apresenta vantagens em relação ao método corrente de desenvolvimento de projetos com o CAD 2D. Estas vantagens estão relacionadas principalmente à maior facilidade de visualização e uso efetivo de recursos automáticos disponíveis nos pacotes CAD de identificação de interferências, reduzindo os problemas da representação em 2D. Desta forma, a compatibilização torna-se um processo muito mais preciso e rápido” (FERREIRA, 2007)

Tamashiro, da Universidade de São Carlos, também produziu um trabalho cuja preocupação eram as referências bibliográficas obrigatórias nas disciplinas de desenho técnico nas escolas de Arquitetura. Sua reflexão permeia a polêmica discussão sobre a transição do processo entre desenhos técnicos feitos com as limitações instrumentais, segundo **Florio**, e a inserção dos laboratórios de computação gráfica no curso em que até pouco tempo atrás saber desenhar era um pré-requisito determinante para a permanência na faculdade de arquitetura.

Tamashiro aplicou um questionário em cento e sessenta e uma Faculdades de Arquitetura do Brasil. O autor o dividiu em temas. Um deles envolvia a inclusão do CAD e as reações de sua interferência nas Faculdades de Arquitetura.

“O questionário nos mostra que, para a maioria dos professores participantes, o desenho arquitetônico é importante. Então, unimo-nos às vozes desta maioria, certos de que temos um ponto em comum na construção desta reflexão, querendo detectar falhas, ouvir outros, almejar soluções. Linguagem básica do arquiteto, as plantas, cortes e vistas se fazem presentes em todas as fases do processo de criação, apresentação e produção da arquitetura; constituem suporte para outros profissionais se debruçarem e complementarem com suas especificidades (instalações, estrutura etc.). Entretanto, parece estar havendo, no ensino, um certo descaso, desprezo de algo tão básico e simples e que, no entanto, é vital, indispensável para viabilizar um projeto de arquitetura.” (TAMASHIRO, 2003 :170)

Segue o resultado, de um total de sessenta e um inquiridos, obtido pelas respostas a algumas questões deste questionário referente ao CAD. Na questão sobre a necessidade de ensinar desenho técnico arquitetônico na prancheta ou no computador, do total, 44 foram favoráveis à prancheta, 9 ao computador e 8 não emitiram opinião.

As faculdades de arquitetura responsáveis pela opção pelo computador resposta “não” foram as: UFBA (Salvador), UNB (Brasília), UFRGS (Porto Alegre), ABC (Santo André), USP (São Carlos), Febasp (São Paulo), UNIMEP (Santa Barbara

do Oeste) e a Escola Politécnica da USP (São Paulo). Pode ser um indício de mudanças à vista?

Na questão sobre método de ensino, se não seria prudente permitir ao estudante elaborar o desenho técnico arquitetônico direto no computador, do total, 24 foram sim, 22 não, 4 talvez e 11 não responderam.

Na questão sobre o radicalismo de substituição das pranchetas pelo sistema CAD ao produzirem desenhos técnicos arquitetônicos, do total, 10 foram, definitivamente, favoráveis; 29 concordam, mas a partir de uma fase determinada; 16 foram, definitivamente, contrários e 6 não responderam. Curiosamente, são as faculdades da Universidade de São Paulo, Arquitetura de São Carlos e a Escola Politécnica, que defendem a substituição definitiva das pranchetas pelo computador. O que terá contribuída para tal convicção?

A mesma questão se repete, porém sobre o radicalismo aplicado ao processo criativo. Do total, 10 foram, efetivamente, favoráveis; 28 contrários; 16 talvez, mas com esperanças de condições digitais mais adequadas e 7 não responderam. A Escola Politécnica, da USP, não respondeu que é favorável, mas a UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e a Faculdade de Arquitetura de São Carlos, da USP, foram favoráveis. A universidade paranaense, em Cascavel, e a Universidade Grande ABC foram afirmativas quanto à visão do futuro do computador instalado no processo do desenho técnico e criativo. Curiosamente, a universidade de Campinas, conhecida por suas pesquisas na área de artes digitais e cursos orientados por meio da computação gráfica para os estudantes de arquitetura, foi parcial nas respostas. Nota-se que é uma questão de tempo para que o número de respostas positivas a essas indagações torne-se mais enfáticos. A produção de desenhos está passando por um processo de mutação, um reflexo óbvio da transição de uma sociedade industrial para outro modelo não muito bem definido.

Segundo **Tamashiro**, alguns problemas afetam o aprendizado da prática do desenho técnico em arquitetura. São eles: a falta de conhecimento de projeto, portanto, a insegurança do aluno ao representar o que nunca se viu ou compreendeu;

desenhar as projeções ortogonais como instrumentos de comunicação e pensar que boa parte do aprendizado do futuro arquiteto está na prática da profissão. Não só ele, mas outros professores da área fazem as mesmas observações.

Constataram-se, em quatorze anos na prática das disciplinas de Informática no curso de arquitetura e desenho industrial da FAAP, pontos favoráveis à potencialidade do computador como um “agente revelador” do processo cognitivo dos estudantes. Isto é, ele aperfeiçoa as condições de visualização, daquilo que ainda não conhece, a partir do momento em que o estudante vivencia a construção de modelos digitais tridimensionais de sistemas construtivos.

Ao sujeitar-se à metodologia do sistema específico de CAD, ora como instrumento, ora como ferramenta, os pontos favoráveis começam a surgir, ou seja, desenhar sem a preocupação de errar ou sujar a folha, não perder mais tempo em redesenhar os mesmos símbolos gráficos, visualização dinâmica, realizar simulação das melhores opções, reaproveitar desenhos já elaborados, construir protótipos digitais, realizar a vetorização de imagens, construir modelos ilustrativos, realizar a criação de novas teorias de representação gráfica sem perder a comunicação essencial do objeto, explorar inovações no processo de materialização do que antes foi projetado, entre outras possibilidades, que derivam das que já foram citadas. Todos esses pontos favoráveis foram trabalhados de forma otimista para a formação de usuários que pudessem, um dia, acoplar o computador às suas ações propiciando uma ferramenta que conduzisse aos novos conceitos de projetos e produção do espaço cultural, obviamente, sem o pessimismo de formar operadores de máquinas de produção de desenhos arquitetônicos.

A padronização do nome da disciplina para “Recursos Computacionais Aplicados a Projetos”, que ampliaria as possibilidades de investigação e prática de seus recursos didáticos, pode ser um primeiro passo.

Nas adaptações de grade horária do curso de arquitetura e de desenho industrial as disciplinas de informática foram sendo atualizadas por causa das mudanças de programas, pelo aparecimento de interfaces mais amigáveis,

conseqüentemente, pelas condições de aprendizado e ensino de conteúdo em menor tempo. Um programa de CAD, em 1990, exigia para ser apreendido um ano e meio, atualmente, não exige mais de um semestre.

Os programas de CAD normalmente inseridos nas faculdades brasileiras de arquitetura e desenho industrial são o AutoCAD, o VectorWorks, o 3DMax, o Rhinoceros e o SolidWorks. No ano de 2008, a FAAP adquiriu o programa REVIT e uma máquina de fresamento (prototipagem rápida por subtração) em 3D capaz de modelar protótipos, peças e modelos volumétricos de 305 x 305 x 105 mm, na mesa de trabalho. Esta é uma tendência do contexto mais favorável para a aplicabilidade de melhores condições do aprendizado, que justifica a mudança, que se espera, do título da disciplina. São condições que comprovam que os programas de CAD juntamente com os acessórios disponíveis colaboram para a fase da criação do projeto e não apenas para a produção de desenhos técnicos e perspectivas ilustrativas.

O modelo digital, segundo **Levy**, não deve ser lido ou interpretado, mas, deve sim, ser explorado de forma interativa. A metodologia aplicada à disciplina compartilha desta visão, acreditando que pode agregar conhecimento além do adquirido por meio de teorias, experiência prática e tradição oral. O conhecimento por meio da realização da simulação de projetos colaborativos já é um caminho para uma sociedade fadada a mudanças de conceitos clássicos do ensino e aprendizado. Um exemplo típico é a realização de um projeto, hoje, por equipes espalhadas pelo mundo em que desenhos no formato eletrônico são trocados, havendo em cada troca uma colaboração interativa entre os membros da equipe.

A inteligência artificial trabalha com modelos matemáticos que fornecem as probabilidades das respostas, transferindo o conceito de dígito binário, comum à informática, para o conceito da simulação por imaginação. Esta ainda é uma tecnologia natural do ser humano e seu objetivo, muitas vezes, é ajudá-lo nas tomadas de decisões. Mas, por enquanto, os caminhos naturais do pensamento são codificados no formato de algoritmos para um sistema binário, restringindo-o a comandos.

O laboratório de inteligência artificial do M.I.T. foi fundado na década de sessenta, por **Seymor Papert**. Sua pesquisa aplicada aos estudos do comportamento de aprendizado das crianças culminou na obra – o LOGO. Em 1958, a primeira linguagem voltada para a inteligência artificial, o LISP (LISt Processor), foi criada por **John McCarthy**, considerado o “pai” da IA (Inteligência Artificial). Vinte anos mais tarde uma vertente do LISP, o LOGO ensinava conceitos básicos de programação para crianças.

mindstorm turtle. Criado por Seymor Papert.

Considerando a contextualização em que se encontra a disciplina de informática ao longo desses quatorze anos como professora responsável, a idéia é apresentar o panorama geral das disciplinas que compõem os dois primeiros anos do curso de Arquitetura e Urbanismo da FAAP e paulatinamente construir o texto que representa o recorte principal deste trabalho.

As disciplinas desenho de observação, fundamentos da expressão e comunicação artística, metodologia visual e fundamentos da expressão e comunicação humana consideram-se desenho livre; meios de representação tridimensional (maquetaria e modelagem) considera-se modelagem; as disciplinas desenho geométrico, geometria descritiva, desenho e meios de representação

bidimensional consideram-se desenho instrumental e, por fim, a disciplina informática considera-se desenho por computador.

Apresenta-se a seguir a amostra de gráficos da situação destas disciplinas nas implantações de novas cargas horárias dos períodos de 1990, 1994 e 2004, respectivamente.

A primeira mudança de grade curricular reflete as influências do peso do nome da faculdade da qual o curso faz parte, que é Faculdade de Artes Plásticas. Foi organizada, ainda, com menos ousadia do que faria jus um curso de arquitetura e urbanismo. A concentração de disciplinas da área artística era grande na formação básica. Este gráfico será visto como um ponto de partida, pois os dois gráficos subsequentes serão mais úteis para a análise do contexto.

1994 - Situação parcial de um total de 4140 horas

O total de horas da grade curricular do curso de arquitetura do primeiro gráfico para o segundo foi de noventa horas a menos. Pode-se atribuir esse fato a um enxugamento de disciplinas e redistribuição para que, do impacto, pudessem intervir para uma readequação, ainda mais coerente à formação de futuros arquitetos. O grupo de disciplinas as quais fazem parte do desenho livre foi o que mais transferiu suas horas para o grupo “outros”, que são as disciplinas referentes a projeto e planejamento. Quais seriam as disciplinas que deveriam ser penalizadas com a necessidade de se modernizar com laboratórios de computação gráfica em que futuros arquitetos sairiam para o mercado de trabalho com seus empregos garantidos como bons operadores de sistemas de CAD? Em 1998, as aulas de informática as quais transmitiam apenas o programa Autocad 2D e 3D, em três semestres (5º, 6º e 7º) passaram para dois semestres sendo que no terceiro aulas do programa 3DMax seriam ministradas. No tempo em que as maquetes eletrônicas soberbamente avançavam no processo da venda do projeto, tempo este em que aquele que soubesse os segredos da modelagem digital virtual, o nome impressionava, conquistava clientes. A percepção da transição era clara e, de fato, um questionário aplicado na

primeira semana de aula não desmentia. As turmas eram heterogêneas e gradualmente tornavam-se homogêneas. O fenômeno é que nunca se tornaram totalmente homogêneas mesmo em 2008. Ao notar esse fenômeno os questionários não foram levados mais a sério.

2004 - Situação parcial de um total de 4922 horas

A grade curricular de 2004 aumentou a carga horária do desenho por computador e pulverizou entre três semestres (3º, 4º e 5º) três programas de sistema CAD – Autocad, VectorWorks e 3DMax, respectivamente. Os escritórios de arquitetura começavam a boicotar os programas de custo alto e buscavam novas alternativas. O VectorWorks era uma delas. É um programa direcionado para a prática de projetos em arquitetura e, além do mais, com um diferencial, o desenho paramétrico que se serve das ferramentas AEC (arquitetura, engenharia e construção).

A possibilidade de aprender três programas de CAD representados por interfaces diferentes, já descritos acima, pode ser considerado também outro fenômeno. Obviamente no sexto semestre não haveria nem cinquenta por cento dos estudantes providos de ótima habilidade nos três programas. Mas, com certeza,

noventa por cento dos estudantes dominariam bem ao menos um deles, fato não constatado por números verídicos, mas apenas por intuição alimentada por muitos anos ministrando a mesma disciplina. A pergunta é como orientar para que a convergência entre o comprometimento e a representação gráfica seja satisfatória para bons resultados de projetos em CAD? A resposta tem sido buscada desde 2006, quando um novo conteúdo programático para a disciplina de informática começou a ser aplicado em apenas um semestre, utilizando-se o programa Autocad. O conteúdo passou a ser dividido em três fases: habilidade inicial; representação gráfica bidimensional e simulação em protótipos digitais tridimensionais.

Os gráficos a seguir mostram o comportamento linear dos três grupos de disciplinas.

DESENHO INSTRUMENTAL

MODELAGEM

Apresentar uma pesquisa regada de gráficos resultantes de dados estatísticos sobre o desafio de readequação das faculdades de arquitetura com a aparição dos computadores em salas de aula seria em vão. É preciso modelos da prática do ensino e aprendizado revelando, provavelmente, a trajetória das mudanças da assimilação do computador como ferramenta de desenho e de outros recursos ainda mais poderosos do que as simples projeções ortogonais, que representam a “coisa” completa, com todas as soluções resolvidas e testadas digitalmente, antes mesmo de tornar-se uma intervenção no cenário real urbano.

O conteúdo programático da disciplina está dividido em cinco partes, sendo a primeira com um prazo curto destinado á habilidade do uso do programa; a segunda é a aplicabilidade na produção de desenhos técnicos; a terceira decodifica os desenhos digitais e os transmite graficamente resolvidos; a quarta marca o início dos modelos tridimensionais, em que os primeiros exercícios dados para a habilidade do bidimensional serão resgatados para o treino de habilidade, agora, em modelos tridimensionais; a quinta, e última, trata da construção de protótipos digitais pressupondo a prática indireta da simulação de processos construtivos.

Discutir metodologias de ensino não vem ao caso, pois o aprendizado é o que interessa. O aprendizado do aluno justifica a boa metodologia e o grau de interesse, ou seja, a maturidade. Suponha-se que ao explicar funções matemáticas se usem objetos, desenhos e performances como ferramentas didáticas e o aprendizado é satisfatório, concluindo-se pelo sucesso do método e caso contrário, pelo fracasso.

Observou-se que é fundamental o posicionamento diante das condições do aprendizado e uso dos recursos para tal. A primeira condição é alertar para a metodologia dos programadores ao desenvolver um sistema CAD; a segunda é dominar o comportamento padrão ao requisitar os comandos básicos; a terceira segue a forma individual do professor no preparo de exercícios para munir o estudante de habilidade básica de manuseio; a quarta demonstra a aplicabilidade para projetos e a quinta legitima a autonomia do aprendiz em utilizar os recursos computacionais em favor de seu processo cognitivo.

Várias reflexões da habilidade sobre o desenho já foram apresentadas e continuam sendo discutidas no meio acadêmico. O termo habilidade está diretamente relacionado à prática de alguma ação. A prática do desenho, por exemplo, é extremamente importante como um meio de compreensão do espaço físico e, obviamente, de desenvolvimento da observação sobre o mundo. Assim, ocorre o mesmo com a prática da escrita, da fotografia e de várias outras especialidades relacionadas aos meios de expressão.

O computador tem sido um dos protagonistas das novas atitudes do ser humano perante tudo, como afirma em sua tese de doutorado o arquiteto e professor **Caio A. Vassão**. Adquirir o poder de síntese não é uma tarefa fácil para o ser humano acostumado viver de modo não linear, mas o computador colabora de maneira muito rápida para a consolidação de dados no seu papel de assistente número um.

Os estudantes de arquitetura e desenho industrial passam por um período inicial de aquisição de conhecimento do uso de instrumentos de desenho. A técnica começa a amadurecer ao mesmo tempo em que a representação gráfica é praticada, até que o desenho do arquiteto brote como resultante da convergência de ambos,

habilidade da técnica e o conhecimento sobre desenho técnico. Uma vez adquirido maior domínio quanto ao modo de representar um telhado, por exemplo, o comprometimento com o contexto geral em que o telhado se insere passa a ser fundamental. Entram em cena os modelos físicos para estimular as investigações e visualizar o que se quer, superando as dificuldades iniciais. Esse processo inicial é intrínseco à formação do futuro arquiteto e designer; sem isso não existe a vivência sensorial e visual, seria pular etapas do aprendizado.

Autor da maquete: Antonio C. Z. Palchetti, estudante de arquitetura da FAAP, 2008.

Não é bem assim para os aficionados pelo desenvolvimento de sistemas computacionais. Eles procuram por melhores desempenhos, sempre na tentativa de consolidar todas aquelas etapas trocando a vivência sensorial e visual por algo já praticável, a virtualização por meio digital do tato e da visão.

“No ambiente educacional sabe-se que, além da metodologia adotada, o aluno está vinculado ao fato de estar se sentindo motivado para que o processo de ensino e aprendizagem tenha sucesso. Segundo análise feita por Filatro (2004, p. 58) sobre a Topologia do Conceito de Ensino de Thomas Green, existem vários subconceitos como: instrução; condicionamento;

treinamento; e doutrinação, os quais para Green são tão misturados, que acabam complicando o como determinar onde começa um e termina o outro. Mas sua explicação é clara ao afirmar que a instrução está mais relacionada com a procura de compreensão, enquanto o treinamento implica mais na formação de hábitos e comportamentos e menos na aquisição de conhecimentos.” (ROYZEN, 2004)

Gagné apresentou nove condições externas que facilitam o processo de aprendizado. São elas: estimular a atenção; informar ao aluno os objetivos; estimular a recuperação de pré-requisitos; apresentar o material de estímulo; proporcionar ajudas pedagógicas (guiar a aprendizagem); incitar a execução (fazer a aprendizagem acontecer); propiciar retroalimentação informativa; avaliar a execução; e, promover a retenção e a transferência. (FILATRO, 2004)

Coincidentemente o mesmo professor ministra as aulas de desenho instrumental, no 2º semestre e as aulas de informática no terceiro semestre de arquitetura. Sem dúvida, é um desafio dar continuidade ao mesmo objetivo, porém com recursos diferentes. Os estudantes padecem com o ritual de colar a folha na prancheta e preparar todo o ambiente para produzir pranchas de desenho técnico. A preparação de margem, carimbo, a repetição de símbolos gráficos, o esforço em posicionar a planta e o corte como auxiliares para o desenho do segundo corte. Todo esse processo manual sofre um pouco de resistência por parte de estudantes. Eles fazem parte da geração do computador, cuja paciência tem limite mínimo. Abrir o *notebook* e operar o sistema CAD lhes parece mais atrativo. Mesmo com essa atração latente pelas interfaces entre o homem e a máquina, a estrutura didática ainda não está preparada para substituir o método tradicional da prancheta. Enquanto o período de transição se mantém, as aulas de desenho técnico na prancheta são o caminho que obtém melhores resultados nos projetos produzidos pelo CAD da segunda metade do curso de arquitetura. Sem elas a informática não suprimiria a etapa do conhecimento inicial de representação gráfica e o comprometimento com cada linha expressa.

A primeira estratégia aplicada na disciplina de informática é a abordagem inicial dos conceitos básicos do CAD e a sua aplicabilidade no contexto atual. A apresentação dos trabalhos dos semestres anteriores serve de estímulo para que os estudantes se sintam capazes de fazer igual ou melhor, além de mostrar o objetivo final do aprendizado proposto. A segunda é convidar um dos estudantes, normalmente aquele que tem aversão a computador, para que assuma o computador do professor, que projete suas imagens para toda a sala e discuta o aprendizado no primeiro contato com um programa jamais operado por ele antes. Ao se deparar com o programa pede-se para fazer uma linha qualquer determinando o caminho mais óbvio para ele. O ícone que corresponde ao comando “linha” é rapidamente identificado. Sugere-se que tenha um diálogo com o seu “amigo” CAD no espaço destinado, conhecido como *prompt*. O programa pede o primeiro ponto, em seguida, o segundo. O estudante percebe a submissão da máquina e ganha confiança em tentar continuar o desenho com mais segmentos. Essa atitude propicia a abertura de uma zona de conforto importante para os que se sentem menos habilidosos com o computador. Estas situações são comuns mesmo considerando os estudantes pertencerem a uma geração criada na era da informática. A terceira e última é estabelecer uma analogia das ações perante o desenho técnico manual e aquelas que são interpretadas por especialistas em programação de CAD. A intenção é entender, a cada versão do programa CAD lançada no mercado, o que se espera do usuário quando ele precisa projetar. Nesta etapa costuma-se transferir todo o ritual aplicado na prancheta em àquilo que seria a versão com o uso do novo meio de expressão. A transferência comparativa daquilo que é conhecido para o desconhecido incita a execução e proporciona ajuda pedagógica.

Antes de descrever os exercícios aplicados no semestre da disciplina de informática é preciso dizer que o objetivo geral dos exercícios é aperfeiçoar o olhar sobre as condições de comprometimento com o desenho.

Fonte: Internet.

Foto da autora. MOMA em N.Y. (2008). Jean Arp.

Modelo em 3D. *software* AutoCAD.
Exercício aplicado aos estudantes de arquitetura, em 2000.

Fonte: internet. Piet C. Mondrian.

Modelo em 3D. *software* AutoCAD.

Fonte: internet. Vincent Van Gogh.

Modelo em 3D. *software* AutoCAD.

O **primeiro exercício** proposto é desenhar três vistas ortogonais a partir da representação tridimensional de peças mecânicas. Os objetivos são exercitar a visualização de modelos tridimensionais para sua representação bidimensional e a habilidade no uso do programa. Acredita-se que seis horas aula são mais do que suficientes para a conclusão desse tipo de exercício.

Perspectiva de peças mecânicas.

As vistas ortogonais e cortes das peças do primeiro exercício.

O **segundo exercício** costuma esclarecer na prática e na teoria o comportamento padrão do programa CAD aplicado ao desenho do objeto de arquitetura: a organização das camadas (*layers*); configuração das cotas (*dimension*); biblioteca de símbolos e elementos arquitetônicos (*blocks*); hachuras (*hatches*); verificação de área e perímetro dos ambientes (*Inquiry*); textos (*texts*); configuração da folha (*paperspace/modespace*); organização de “janelas” na folha de impressão (*viewports*); escalas (*zoom*); inserção de margem e carimbo com atributos (*insert block*); configuração para a impressão (*pagesetup*); peso gráfico (*pagesetup_ pen assignments*) e impressão em A2 (*plot*). Costuma-se classificar os grupos de comandos do CAD em básicos, intermediários e avançados. Os básicos são os recursos simples para a composição de elementos geométricos, ou seja, desenho. Os intermediários são os recursos destinados à complexidade do projeto, é a

convergência entre o saber e a técnica. Os avançados são os recursos que configuram os dados para serem avaliados, por exemplo, a impressão.

As plantas, cortes e elevações de uma residência simples são o conteúdo do segundo exercício, visando à confirmação da habilidade adquirida no primeiro e desmistificando a idéia de dificuldades no uso do computador para a elaboração de desenhos.

Cópia do desenho utilizado por Gildo A Montenegro – “Desenho Arquitetônico”. 3ª Edição.

CORTE AA

Desenho elaborado por estudantes de arquitetura.

ELEV.01

Desenho elaborado por estudantes de arquitetura.

O **terceiro exercício** é a impressão. Imprimir os desenhos é uma tarefa necessária e nada fácil. Enquanto o desenho está no seu estado digital tudo parece bem, porém não é o que acontece quando o desenho é transferido para o papel. A verdade sobre o conhecimento de desenho técnico fica truncada com a falta de habilidade em configurar aquilo que se vê nos códigos que traduzirão todo o desenho para a sua impressão no papel. Portanto, o tempo da prática de impressão de desenhos de CAD é fundamental para que comece a ter resultados satisfatórios, que antes eram obtidos mais facilmente no uso da prancheta, mesmo considerando o seu

ritual e a demora. Essa constatação é comprovada depois de estabelecido um contado com os estudantes que começaram a desenvolver projetos no CAD e se frustravam com as notas de seu desempenho em representação gráfica dos trabalhos da disciplina de projeto dos semestres seguintes. Todo o conhecimento adquirido e praticado nas aulas de desenho instrumental é colocado de lado até que o estudante comece a dominar os recursos avançados. Isto leva um tempo diferente para cada um deles.

O **exercício quatro** ou o primeiro exercício da segunda fase do curso constrói aquelas vistas ortogonais, retiradas visualmente da representação de peças mecânicas, em modelos tridimensionais. Ter os desenhos em duas dimensões facilita a extrusão de perfis determinando as três dimensões: a largura, o comprimento e a altura. Pode-se dizer que é o exercício mais prazeroso devido às descobertas realizadas, espontaneamente, expressas pelos estudantes. A revelação da dinâmica dos modelos em três dimensões no CAD é algo que realmente surpreende. O fato é que em poucos segundos a teoria da geometria descritiva é revelada de forma dinâmica, sem mesmo saber o que se está fazendo. O universo do CAD começa a fazer sentido na vida do futuro arquiteto.

Exercício: “peças”. Exercício de habilidade em 3D.

Exercício: “peças”. Exercício de habilidade em 3D.

Tentar simular um canteiro de obras que estaria preparado para a montagem de uma estrutura pré-fabricada, cujas vedações seriam painéis modulares em conjunto com vãos propícios para receber esquadrias, faz parte do conteúdo do **quinto exercício**. Este exercício viabiliza o início da autonomia relacionada à habilidade com os recursos de edição em três dimensões dos sólidos. A base do desenho é fornecida em duas dimensões, são componentes da suposta estrutura de vedação e cobertura do projeto fictício de um galpão. Os *layers* (camadas) estão nomeados e prontos para representarem o componente correto ao seu significado, por exemplo, as tesouras. Os perfis estrudados e posicionados sobre os pilares formando a estrutura da cobertura estarão no *layer* tesoura. Segue o mesmo raciocínio para as terças, os caibros, a estrutura lateral, frontal e posterior. No quadro de *layers* ainda temos painéis, esquadrias, caixilhos, batentes, vidro, piso, ripas. Nesse momento, os estudantes revisam a aula de desenho do semestre anterior de representar graficamente o projeto de um telhado de madeira simples em modelo

tridimensional digital. Esta revisão é gratificante ao visualizar de forma dinâmica o esforço exercido para um olhar abstrato referente ao madeiramento em projeção ortogonal. Aquele esforço é necessário para a concretude do conhecimento.

Quinto exercício.

Quinto exercício.

Depois que os componentes estão prontos em modelos tridimensionais, eles são posicionados e montados como se simulassem a realidade de um canteiro de obra.

Na falta de possibilidade real, o computador facilita ao simular o aprendizado por vivência de experiências. Estão embutidos na essência deste exercício os conceitos de modularidade e industrialização da construção.

Um exemplo de “mini aula”.

Um exemplo de “mini aula”.

Antes do **sétimo exercício** e último, os estudantes simulam a construção de viga baldrame, pilar com as ferragens, as formas quando necessárias, caso sejam externas, e a colocação de tijolos cerâmicos de oito furos. Este tipo de aula é apelidado de mini aula em que normalmente destina-se a compreensão de um processo construtivo. O objetivo é sensibilizar a percepção do estudante para o cuidado ao representar o sistema construtivo. O comprometimento com cada linha desenhada faz a diferença na expressão do desenho, além de vir a entender, no mesmo exercício, o que é um protótipo digital. Outras mini aulas são construir modelos diferenciados de escadas e rampas. Este método poderia ser adotado nas disciplinas de tecnologia dos materiais, entre outras que têm como objetivo compreender sistemas sejam eles estruturais, construtivos ou modulares.

O **sétimo exercício**, o último do semestre, normalmente é a construção de uma maquete eletrônica ou *mock-up* digital. O modelo selecionado é uma residência simples de dois andares em que a base é igual para todos, porém, a definição dos vãos de aberturas e modelos de esquadrias fica por conta de cada um. Esse modelo é construído aula a aula e durante o processo são realizadas incursões que indagam o que se espera do projeto e como devemos apresentá-lo. Com o modelo pronto é possível simular as projeções das sombras, a iluminação, a aparência do material proposto, modelo “explodido” e “cortado”, pressupondo o desejo de melhor compreensão dos desenhos técnicos.

Resgatando a casa em 2D para o 3D por computador.

A mesma casa com materiais e projeção de sombra.

A mesma casa com materiais e projeção de sombra.

Recursos para a compreensão do corte.

Recursos para a compreensão do corte.

CAPÍTULO VI

INFLUÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO AO DESENHAR, PROJETAR E CONSTRUIR

O Desenho assumiu um papel relevante no processo da concepção e produção do objeto da Arquitetura desde o período do Renascimento, momento marcado na História da Arquitetura pela construção da Cúpula de Santa Maria Del Fiore, em Florença, por **Filipo Brunelleschi**. É importante ressaltar que a cidade de Florença, nesse mesmo período, pode ser considerada como o primeiro Estado moderno, segundo **Jacob Burckhardt**. (GIEDION, 2004 :58,59)

Arquitetura, arte e engenharia ocupavam os mesmos espaços sem controvérsias, complementando uma as outras. No início do século XIX duas escolas francesas tornam-se referências para novos rumos de uma dicotomia entre a arte e a técnica: Beaux – Arts e a École Polytechnique. Desde então novas profissões formavam o quadro da empregabilidade no setor da construção civil, engenheiro, arquiteto, construtor, projetista e desenhistas.

“A extraordinária beleza inata das obras dos engenheiros deve-se à inconsciência de suas possibilidades artísticas – do mesmo modo que os criadores das belas catedrais não se davam conta do esplendor de suas realizações.” (GIEDION, 2004:243).

Neste depoimento, **Henri van de Velde** relata os momentos dos eclipses entre a técnica e a arte da construção civil.

Segundo **Puntoni**, o desenho que representa o objeto da arquitetura tem duas finalidades: uma para a concepção e outra na sua produção.

“Os desenhos são, então, a linguagem atual da produção do objeto da arquitetura, com regras e sintaxe, uma “gramática” própria de seu uso, tornando-se os símbolos visuais de representação e transmissão de grande parte das informações necessárias à sua compreensão, de acordo com a intenção deliberada do arquiteto, autor do seu projeto. Nesse sentido,

inteligibilidade, clareza e objetividade seriam algumas das suas características.” (PUNTONI, 1997:35)

A partir da Revolução Industrial novos procedimentos em construção civil foram adotados, possibilitando sua industrialização. Após a cisão entre o arquiteto e o engenheiro, ou melhor, os rumos divergentes para a arte e a técnica como especialidades distintas, o objeto da arquitetura tem-se configurado de maneira estranha procurando adequar-se aos sistemas construtivos oriundos da imposição do mercado da construção.

Desde a entrada do concreto armado, ferro e aço, os sistemas construtivos não inovaram tanto assim até os dias de hoje, mesmo analisando as intervenções de **Frank Ghery**, por exemplo. Segundo o comentário da professora doutora **Anália Amorim**, o museu de Bilbao *é um conjunto de técnicas de funilaria*. Se no século XIX houve uma reavaliação dos papéis do arquiteto e do engenheiro, como poderia ser avaliada, no século XX, a chegada do Designer de produto?

A parceria das duas profissões tem sido rotina em grandes projetos e os programas de computação gráfica são um dos meios catalisadores dessa parceria. O computador tem o poder de promover integrações interdisciplinares atingindo cada vez mais o caminho da substituição de determinados especialistas que compõem o quadro de profissionais envolvidos com projetos da área de construção civil. Um exemplo são os bancos de dados gerados a partir dos modelos geométricos comprometidos em representar o objeto de arquitetura, mecanismos facilitadores do setor financeiro envolvido em todo o projeto desde sua concepção até sua concretização.

As técnicas modernas põem à disposição do arquiteto programas de computador que permitem a elaboração de desenhos, consultas de repertórios, reproduções, remessas e arquivamentos, tudo isso envolvendo rapidez e precisão. Assim, a atividade profissional vem sofrendo uma mudança significativa no seu contexto administrativo, produtivo e, por que não dizer, criativo. Porém, não se apresenta com clareza o quanto os programas do sistema CAD (desenho auxiliado por

computador) participam do processo criativo do arquiteto ou o quanto poderiam participar da etapa dos estudos preliminares do projeto e vir a ocupar o espaço dos croquis, que é, praticamente, o estado mental da elaboração dos projetos: o ato criativo, a idéia manifesta pelo gestual.

Segundo o objeto de pesquisa realizada em 2005, de **Righeto**, a produção de desenhos de Apresentação do Projeto Arquitetônico dos últimos 20 anos demonstra o quanto a informática tem mudado o ato de projetar e como a dinâmica de apresentação dos projetos nos escritórios de arquitetura também tem sofrido modificações. Outra pesquisa pertinente ao assunto foi realizada dez anos antes, em 1995, período em que havia uma inclusão do sistema CAD nos escritórios de arquitetura principalmente nas cidades de São Paulo e do Rio de Janeiro, por **Chapuis**. O título é bem claro: “Difusão de sistemas CAD em escritórios de arquitetura”. Recentemente, em 2008, **Vassão** faz uma análise poética sobre as ações das novas interfaces do mundo digital diante do processo complexo que representa o projeto hoje. Um trecho pertinente para esta discussão é o momento de suas conclusões abreviadas aos conceitos de instrumento e ferramenta.

“Ferramenta é participativa, interativa, parte de um agenciamento. Eu me acoplo à ferramenta, e minhas possibilidades de ação dependem desse acoplamento. (...) Instrumento é um meio para a realização de algo, de acordo com premissas e objetivos pré-determinados.” (VASSÃO,2008:p.285)

Para **Levy**, além de ser um termo específico para a informática, a interface opera como “tradutora” de mensagens entre meios heterogêneos. O sucesso da transmissão da mensagem, ou seja, a conclusão da comunicação deve-se à eficiência da interface utilizada.

A história das civilizações é contada, também, pelo objeto da Arquitetura, embora desde o Renascimento tenha deixado de ser o, protagonista para dividir com o desenho a transição para o Moderno.

Ao surgir o computador, novos incentivos para pesquisas sobre o processo do desenho foram disseminados; é a técnica a favor da evolução da tecnologia, uma transformação constante em busca de aperfeiçoamento do modo de fazer.

Na entrevista: “Geometria da intervenção”, o arquiteto **Paulo Mendes da Rocha** fala um pouco sobre o veículo de comunicação que representa o objeto da Arquitetura. Esta entrevista foi publicada pelo jornal “Folha de São Paulo”.

“(...) Folha - Há relação entre essas memórias e seu projeto de arquitetura?”

Mendes da Rocha - Muita gente pode achar que essas são questões que estão fora, ou além da arquitetura. Mas não! Elas são anteriores, são fundadoras da arquitetura. Uma construção que você olha e, de algum modo, se comove deve conter tudo isso de forma não explícita, pedra por pedra, mas de um modo um tanto indizível, lírico, não é?

Um escritor está sempre preocupado com a sedução, ou seja, com o fato de que aquele que ler o primeiro parágrafo do livro não deixe de ler o segundo, porque o que ele quer dizer necessita que se leia aquilo tudo até o fim. Na construção é a mesma coisa: como eu vou fazer para entreter esse cara de modo que eu possa enredá-lo a ponto de, quando chegar ao fim, perceber o que quis dizer? Portanto, você pode considerar que para a literatura as palavras são como pedras de catedrais. É uma construção.

Folha - E, por outro lado, a arquitetura é também um discurso, uma linguagem codificada.

Mendes da Rocha - Sim, e se pode dizer isso pensando na cidade toda. Só foi possível construí-la porque ela já existia inteira na mente. Ninguém pode engendrar uma coisa que não pensou antes, não é? A mulher que borda conhece a técnica de bordar mas conhece também a flor toda que vai bordar, antes que o bordado todo fique pronto.

Para nós também é assim: a arquitetura não se faz aos poucos, aos pedaços. A construção pode ser feita aos poucos, mas não o raciocínio.”

O raciocínio citado por **Paulo Mendes da Rocha** é um forte pretexto para adentrar-se na questão do desenho por computador. Antes do desenho como orientador da construção de uma catedral, as possibilidades de estudos

eram menores e o mesmo ocorria com a ingerência entre o sonho e o objeto. O desenho arquitetônico permitiu um número maior de probabilidades do raciocínio sobre o objeto, antes de ser executado, e a ingerência sobre o objeto aumentou. O computador abre, ainda mais, esse número de probabilidades, porém a ingerência pode ser diminuída, devido aos dados concentrados em um único projeto digital, é o caso do uso da tecnologia BIM. As técnicas de simulação digital aplicadas em modelos analógicos, físicos e digitais complementam o processo do raciocínio e possibilitam direcionar um tempo maior para as discussões conceituais envolvidas. Observa-se a arquitetura antes do computador e depois dele. A idéia não é ressaltar para a apresentação do projeto, mas sim para a complexidade. A complexidade da forma associando-se com os sistemas construtivos e a tecnologia dos materiais. O computador, de fato, tem o poder de armazenamento de dados e eficiência no cruzamento destes mesmos dados, sem dúvida isto tem influenciado a produção no espaço natural e o não natural.

Segundo **Charles Jencks**, três arquitetos, Peter Eisenman, Frank Gehry e Daniel Libeskind, influenciaram as tendências atuais da Arquitetura: fractal (Peter Eisenman, Daniel Libeskind); organitech, ecotech ou green architecture (Ken Yeang, Norman Foster); computer science (Rem Koolhaas, MVRDV); blob (Greg Lynn); landforms, waves (FOA, Enric Miralles); new cosmogenic (Neil Denari); new form monumental building (Frank Gehry)¹⁴.

Segundo **Loukas Kalisperis**, professor da PennState University, são quatro as tendências da arquitetura atual: topológica (Greg Lynn); isomórfica

¹⁴ <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp136.asp> “I International Workshop Digital Design for Architecture – concepção arquitetônica em ambiente computacional”. Autora: Regiane Trevisan Pupo.

(Bernhard Franken); metamórfica / animação; paramétrica (smart Geometry)¹⁵.

Segundo **Bruno Munari**, não se deve projetar sem um método de projeto, nada mais do que uma série de operações necessárias, dispostas em ordem lógica, ditadas pela experiência, com o intuito de atingir um melhor resultado com o menor esforço. Começa-se a partir de um problema até atingir uma solução. Para tanto, tem-se, inevitavelmente, que o definir e verificar seus componentes, coletar e analisar dados, relacionar e selecionar os materiais e as técnicas disponíveis, ter e perseguir uma idéia e visualizar uma forma, ou mais formas, por meio de croquis e, finalmente, compor e realizar os desenhos destinados à produção do objeto da arquitetura. Vê-se, então, que projetar não constitui um mero ato de desenhar. É preciso que se separem os dois momentos da produção da arquitetura, evitando-se, então, que o arquiteto e, em especial, o estudante de arquitetura venha a ser apenas um “cadista”¹⁶, e deixar de ser aquele que projeta e concebe o objeto da arquitetura.

Acresce-se às possibilidades apresentadas pelo programa de desenho por meio do computador o de vir a ser, também, utilizado como instrumento didático. O estudante de arquitetura, além de utilizá-lo para produzir os desenhos construtivos de seus projetos, deveria explorar este recurso para ensaiar modelos arquiteturais e, principalmente, para poder visualizar os espaços arquitetônicos que estaria projetando por meio de perspectivas cônicas ou axonométricas.

A prática didática atual trabalha apenas com as projeções ortogonais para representação do objeto da arquitetura. Elaboram-se plantas, cortes e elevações, o que permite só a visualização de um dos planos estudados de cada vez. Já com o uso da perspectiva, cuja introdução como instrumento de composição arquitetônica se pretende que seja generalizada, possibilitaria, sempre, a visualização concomitante dos cinco planos: o piso, o forro, a parede frontal, as duas paredes laterais e, ademais,

¹⁵ <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp414.asp> “O novo paradigma na arquitetura: a linguagem do pós-modernismo”. Autora: Ana Paula Baltazar.

¹⁶ Termo inserido após a substituição das pranchetas pelo computador, pelos projetistas, nos escritórios de arquitetura.

conteria os elementos do ambiente perspectivo: linha do horizonte, linha de terra, pontos de fugas e escala gráfica, que permitiriam, quando se queira, a obtenção das plantas, dos cortes e das elevações, as projeções ortogonais destinadas à produção do objeto da arquitetura. Neste sentido, a maquete eletrônica, ou seja, a perspectiva elaborada por programa de desenho no computador, é um objeto didático de excepcional interesse para os cursos de arquitetura, já que se têm, ainda, os recursos dos programas que permitem ao aluno percorrer os interiores dos ambientes projetados, vivenciando, na medida do possível, as aberturas, os cheios e vazios, os volumes, as incidências de luz nos pisos e vedações, bem como, a relação que se pretende entre o exterior, o interior e o entorno da edificação. Segundo um relato, do professor Geraldo V. Puntoni, vale lembrar uma das aulas, do arquiteto Carlos Millan, no curso de arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Sua proposta aos alunos, quando estavam elaborando suas plantas, que procurassem percorrer com a vista, um a um, os cantos do ambiente projetado, isto é, que procurassem elaborar em suas mentes as perspectivas, o que, hoje, pode ser realizado de modo rotineiro pelos programas de desenho por computador.

Neste sentido, propor um plano de pesquisa sobre a utilização didática da modelagem tridimensional por meio do computador – “Os recursos da computação gráfica na elaboração de projetos” – vem da convicção de que lhe dá a abrangência que o tratamento desta problemática requer.

As disciplinas de expressão e desenho foram introduzidas nos cursos de arquitetura com o objetivo de desenvolver nos estudantes de arquitetura a capacidade de observação da realidade, em especial, da realidade construída: os artefatos humanos.

Todos os artefatos produzidos contêm duas mensagens. Uma, que é aquela que nos comunica para que foram feitos e, outra, aquela que nos informa o modo como foram feitos. São informações que induzem aprimoramentos, ou, simplesmente, querer modificações formais. Espera-se fazer do estudante de arquitetura um

observador diferenciado dos artefatos, que apreenda não só como são feitos, mas que seja capaz de agir de modo a propor-lhes transformações para melhorar seus desempenhos e facilitar e ampliar suas produções.

É sabido que todas as pessoas desenhavam de um modo ou de outro. É uma das habilidades humanas, aquela pela qual o homem vem criando e fazendo seus artefatos. São, em última análise, linguagens tão ou igualmente significativas como as palavras. Não é preciso, portanto, ensinar as pessoas a desenhar. O estudante de arquitetura já é hábil para tanto. O que é preciso, isto sim, é aprender o que fazer com os desenhos, que uso pode lhes dar. A propósito do desenho, observava **Lúcio Costa** que, quando é preciso, documentam-se os fatos por meio dos desenhos de observação; quando é preciso, comentam-se as coisas ou as ações, por meio dos desenhos de ilustração; quando é preciso, informam-se os modos como as coisas são feitas, ou podem ser feitas, por meio dos desenhos técnicos; quando é preciso, embelezam-se os ambientes por meio dos desenhos ornamentais; e, quando é preciso, expressam-se os sentimentos e emoções por meio dos desenhos de criação. Dentre essas várias maneiras de dar um destino ao desenho, a elaboração dos desenhos de observação é o que exige, previamente, pouco conhecimento de técnicas e materiais para realização. Assim, de imediato, poder-se-ia afirmar que todos se encontram aptos a fazê-los, sem grandes aparatos, bastando muita concentração, quando se está observando o que se está pretendendo desenhar. Sente-se, de início, uma certa falta de treinamento, pois, não se está mais habituado a desenhar. Devido ao maior uso da linguagem verbal, mais gratificante socialmente. Desenha-se com pouca frequência, ou quase nunca, havendo, por isso, pouca familiaridade com os materiais e técnicas ligados à feitura dos desenhos. Mas, mesmo assim, não se pode esquecer que, quando se está escrevendo, antes de tudo se está desenhando. Desse modo, percebe-se que a questão não está em desenhar, mas na falta e na oportunidade de desenhar, no desejo do desenho. Acredita-se, então, que é preciso treinar as pessoas no exercício dos desenhos, para que voltem a usá-los como linguagem, para que venham a recuperar o gosto de desenhar e, assim, sejam resgatados como instrumentos de representar e

pensar as questões de ordem espacial e como instrumentos de expor e manifestar emoções e sentimentos. O desenho por computador é uma técnica a mais.

Luis Sullivan, segundo relato de **Hugh Morrison**, convidado a elaborar o projeto de uma agência bancária, antes de aceitar o convite, visitou o terreno destinado à obra, acompanhado dos interessados.

“A characteristic picture of his mode of procedure is contained in na anecdote told by the president of the People’s Savings and Loan Association Bank at Sidney, Ohio, which was designed by Sullivan in 1917. Sullivan was called to Sidney, and the directors outlined for him in informal conference their requirements fo a new building. The site was then empty corner lot. Sullivan retired to the opposite corner, sat on a curbstone for the better part of two whole days, smoking innumerable cigarrets. At the ende of this time he announced to draw rapid sketch before them, and announced an estimate of the cost. (...)” (MORRISON, 1962)

Sullivan permaneceu observando o local da obra, dispensando o convite para almoçar. Mais tarde, ao encontrá-los no restaurante, comunicou-lhes que aceitaria a encomenda do projeto, forneceu-lhes os custos e o tempo estimado para as obras, assim como o valor de seus honorários. Como tudo indica, **Sullivan**, enquanto os banqueiros estavam no restaurante, havia elaborado mentalmente o projeto do edifício desejado. Fato idêntico ocorre com **Frank Lloyd Wright**, a propósito do projeto da Casa da Cascata, segundo relata seu discípulo. O projeto foi desenhado, praticamente, em três dias, mas, estava inteiramente resolvido na cabeça do arquiteto. Poder-se-iam citar outros tantos fatos dessa natureza, em que o desenho já se encontra mentalmente elaborado, só aguardando sua realização como registro gráfico. Há no Antigo Testamento relatos de projetos, tais como o do templo de Davi,

em que inexistem desenhos, mas não a idéia detalhada daquilo que se deseja construir e, como tal, acabaram sendo construídos. Estes fatos levam-nos a acreditar que ao arquiteto não é preciso que elabore registros gráficos, ou que seja um habilíssimo desenhista, mas sim que use o desenho, quer seja mentalmente ou na sua concretização em registros gráficos. Não importam, portanto, quais os meios e materiais que venham a utilizar ao exprimir o seu desejo de desenho. São os modelos. Tem-se como certo, desse modo, que o processo de produção do objeto da arquitetura pode ser composto por uma complexa variedade de modelos. Veja **Echenique**, por exemplo. Ele tratou esta questão dos modelos, exaustivamente, chegando a apresentar, segundo atributos identificáveis, uma sua classificação em modelos descritivos, modelos predictivos, modelos explorativos e modelos de planejamento, o que, na verdade, apenas amplia o âmbito das considerações sobre desenhos de Lúcio Costa. Assim, a representação gráfica do espaço, por sua vez, nesta linha de raciocínio, é subdividida em modelos físicos, icônicos, analógicos, estáticos, dinâmicos e descritivos, caso venham a ser levantamentos fotográficos, maquetes eletrônicas, plantas, cortes e elevações, orçamentos, partidos conceituais etc. (SERRA, 2006). Porém, a integração de todos esses objetos direciona o projeto na sua concepção gestual. Mas, segundo **Mies Van Der Rohe**, “Arquitetura é Construção”, pelo que o resultado pode ser, ou não, a própria obra acabada.

De acordo com **Vitruvius**, os modelos teóricos seriam obras como as obras da arquitetura grega e romana (Acrópolis e Panteão), e a classificação dar-se-ia a partir de suas estabilidades, dos seus predicados estéticos e do quanto são funcionais. O mesmo se diria da obra de Palladio e Bramante que foram, respectivamente, os modelos teóricos para as obras renascentistas e barrocas. Por muito tempo, persistiram esses modelos teóricos, que se tornaram estudos obrigatórios, nas escolas de arquitetura, como embasamentos conceituais da organização e concepção do espaço arquitetônico e, conseqüentemente, do modo de sua representação.

Visitar as obras de um arquiteto é imperioso. Fazer o percurso do espaço arquitetônico criado, com uma análise crítica, seria o ideal para conhecer o que foi

projetado. **Gordon Cullen**, por exemplo, defende isto ao apresentar três maneiras de interagir com o meio ambiente: uma meramente óptica, uma relativa ao lugar e uma relativa à existência de um conteúdo explicitado. Assim, cada indivíduo se relacionaria de uma maneira particular com o espaço urbano, dependendo do percurso e das reações às imagens percebidas. As cidades devem, então, provocar surpresas e revelações e, por isso, não podem obedecer a uma regra. Cada qual tem sua personalidade que a individualiza.

Arquitetura, para **Le Corbusier** é circulação e piso iluminado.

Ao analisar, em linha geral, o atual conteúdo programático dos cursos de arquitetura, verifica-se ser complexa uma integração entre as disciplinas ditas teóricas e as disciplinas ditas práticas, frente ao computador, no que diz respeito à representação do objeto da arquitetura, nas suas fases de concepção e produção.

Uma coletânea de desenhos de observação, produzidos por estudantes do curso de arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo na década de setenta, que se encontra depositada na biblioteca da Rua Maranhão, emociona pela tamanha qualidade de representação gráfica e domínio de técnica de grafite e papel “canson”. Sabe-se que, naquela época, dava-se mais importância à linguagem gráfica, de modo que os colégios propiciavam aos alunos uma boa base de desenho, o que não mais ocorre. Hoje em dia, os alunos chegam às universidades sem noção básica de geometria e sem nenhum treinamento de desenho. Porém, por outro lado, eles se apresentam com um domínio razoável na manipulação do computador, ainda que sem muito embasamento teórico. Não se trata, portanto, de indagar se seria o uso do computador e dos programas de computação gráfica uma vantagem para o curso de arquitetura. Trata-se, sim, de uma realidade, a informática presente cem por cento na rotina da sociedade, sendo necessário torná-la uma aliada ao processo entre o desenho e a construção. Processo que tem sofrido mudanças desde o Renascimento, em que o arquiteto começou a deixar de ser o próprio artesão, construtor, para atuar por trás de uma prancheta. Os recursos computacionais são eles, hoje, muitos e, talvez, um vetor convergente entre a Arquitetura e o Design.

O projeto é por definição um planejamento de ação. Ao planejar definem-se os recursos disponíveis para um levantamento geral que envolve o projeto. O levantamento bem feito significa um ótimo começo para a etapa organizacional da estratégia a ser definida. Nem sempre a estratégia se mantém até o fim, pode ser reformulada. O computador tem condições de participar de todas as etapas, pois ele é por excelência um processador de informações. Para o projeto de arquitetura os recursos computacionais terão diferentes atuações dependendo da escala. Cabe neste trabalho levar em conta algumas das inúmeras possibilidades, porém as que são factíveis nos cursos de arquitetura e desenho industrial.

Quanto à questão da compreensão e representação do espaço, imprescindível, para a concepção e produção do objeto da arquitetura, o estudante de arquitetura, por exemplo, ao modelar algum sólido geométrico, no computador, defronta-se com o universo da percepção tridimensional, que até aquele momento era um obstáculo no processo individual de projetar.

O processo de vetorização da imagem, gerar perspectivas volumétricas para estudos sobre a impressão das mesmas a mão livre, “fatiar” os modelos tridimensionais, construir modelos volumétricos para ensaios da projeção de sombras, prototipagem rápida, ensaios sobre a forma foram experiências com os estudantes de ambos os cursos como avaliação dos recursos para o ato de concepção do projeto.

A compreensão da passagem da imagem digital representada por *pixels* (*picture element*) para o gráfico vetorial representado por valores em x,y,z pode ser útil para transferir imagens de uma determinada zona da cidade, de um objeto e de fachadas. A imagem é importada para um programa vetorial e com segmentos de reta ou curva é vetorizada e colocada na escala correta. Para ficar mais fácil de entender o que é vetorizar uma imagem no computador, é como colocar uma folha de papel manteiga uma foto e com uma lapiseira desenhar todos os contornos das figuras.

A imagem digital ou *bitmap* é uma malha de pequenos quadrados conhecidos como *pixels*, convenção para a menor unidade de medida de uma imagem digital.

Cada *pixel* possui uma quantidade de informação, número de *bits* (*binary digit*), conhecido como a menor unidade da informação, isso caracterizará a qualidade da imagem. Uma imagem branca e preta tem dois *bits*, ou seja, 2^2 . O número de *pixels* dos eixos x e y delimita o tamanho da imagem em centímetros ou qualquer outra unidade de medida linear. Para se ter uma noção, uma imagem de 1 x 1 polegada tem 72 x 72 *pixels*, portanto uma imagem de 600 x 800 *pixels* tem aproximadamente 21,0 x 28,0 cm, o tamanho de uma A4. A imagem digital tem a desvantagem da precisão em relação ao gráfico vetorial, mas por outro lado é a melhor opção para desenhos ilustrativos.

A particularidade do gráfico vetorial são os cálculos matemáticos que processam as formas geométricas no espaço de coordenadas configurado na tela do computador.

Os croquis feitos a mão livre representam o ato de pensar sobre o conceito a ser adotado ou estudos que determinarão os objetivos do projeto. Ser um bom desenhista requer muita prática e nem sempre os estudantes estão preparados para essa tarefa. Um meio de colaborar para a prática de fazer croquis é explorar o modelo volumétrico gerado no CAD e salvar várias perspectivas e imprimi-las. Desenhar por cima dos desenhos impressos e, ao mesmo tempo, usá-los como base de evolução da criação do projeto aperfeiçoa o olhar do estudante além da planta baixa. Os modelos volumétricos são representados em três situações, com as linhas não visíveis escondidas (*hide*), com todas as linhas (*wireframe*) e sombreado (*shaded*).

As perspectivas deixaram de ser construídas a partir de um conhecimento profundo da geometria e muitas vezes são selecionadas sem um conceito prévio de seleção. A compreensão da *épura* é intuitiva e sem dúvida imposta pela metodologia do programa. A integração desses programas CAD nos cursos de geometria deveria ser implantada em busca da compreensão entre exercícios realizados na prancheta manuseando as ferramentas tradicionais e com as ferramentas oferecidas pelo computador. A prática comparativa das ferramentas de apoio para o desenho por

computador associadas com os métodos manuais estimularia os estudantes a serem mais críticos quanto ao uso de qualquer programa CAD.

Exercício aplicado às aulas de computação gráfica II do curso de desenho industrial. A partir de duas esferas...

modelar um “pato” de brinquedo...

“fatiar” em secções transversais e longitudinais...

fragmentar em “retalhos” e trabalhar as espessuras...

cortar lâminas, em madeira, de 10mm a partir dos perfis “fatiados” e impressos...

acabamento das lâminas...

Lâminas em camadas. Processo inspirador à prototipagem rápida.
Fotos do aluno Rafael Miranda, 2006.

Pesquisas foram realizadas pelo grupo Smart Geometry sobre apresentação de projetos em Arquitetura utilizando recursos da computação gráfica.

Protótipo digital.

<http://ddf.mit.edu/projects/CABIN/index.html>

Protótipo para análise dos encaixes.

Protótipo em escala reduzida.

Lâminas em madeira para construção do protótipo em escala 1:1.

Modelo 3D (CAD) > Control numeric command (CNC) > laminas cortadas.

(M.I.T.) Larry Sass (na porta à esquerda).
Pesquisador responsável do projeto *Istant House*.

O modelo tridimensional representado por gráfico vetorial oferece possibilidades de cópias e ensaios com cada uma delas. O método de “fatiar” o modelo em seções de cortes longitudinais e transversais estimula o raciocínio para melhores soluções funcionais e formais do projeto. Tem sido útil para a industrialização de seções em forma de estruturas amorfas.

Estes mesmos modelos são objetos que possibilitam ensaios visuais das sombras projetadas no seu entorno.

A prototipagem rápida na fase do projeto contribui muito para o planejamento da montagem em obra, ou avaliação de encaixes e articulações, fundamental para a montagem de pequenos protótipos para o tipo necessário de análise.

Os que fizeram parte da vida universitária na passagem da década de oitenta à década de noventa presenciaram uma transformação de um estado que já estava

carregado de deficiências, por efeito da ditadura militar, para outro conhecido como a “era da informação”. Poucos escritórios de arquitetura, nesse período, nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, arriscavam entrar cem por cento na automação de seus desenhos. Os motivos eram óbvios, o custo e certa resistência ao novo.

Escritórios de arquitetura como Setsuo & Kamada Arquitetos Associados, Aflalo & Gasperini, Bratke, Julio Neves, Boti Rubin, Ana Niemeyer Arquitetura e Consultoria, Edison Musa, entre outros, colaboraram para a formação de jovens arquitetos operadores em desenhos eletrônicos, que naquela época repercutia como um diferencial. (CHAPUIS, 1995)

Vivenciar uma transição de técnicas e de comportamento tão significativa corrobora para atitudes contestadoras e desconfortáveis diante de uma geração apática e conformada, no que se refere à política, indústria e modismo, é uma sensação de impotência. A sociedade é regida pelo capital financeiro e por regras ditadas pelas grandes empresas, um modelo capitalista que oferece a sensação de liberdade, muitas vezes, sem condições de assimilação fazendo com que se viva sem tempo para novas indagações.

O viés é justamente como abordar os recursos da computação gráfica para o aprendizado de jovens arquitetos, em favor de uma produção arquitetural alinhada à indústria da construção em que o arquiteto possa estreitar seu diálogo direto com o fornecedor, possibilitando assim, uma menor distância entre o pensar e o fazer.

O papel do arquiteto sofre mudanças perante o projeto e a obra, propiciando o surgimento de máscaras sobre o sistema construtivo, ou seja, a indústria impõe sem a participação de quem tem o olhar poético sobre um objeto concreto, a produção de elementos de composição da arquitetura.

Nota-se a quantidade de lançamentos de condomínios e residências, na cidade de São Paulo, fundamentados em conceitos de venda do mercado imobiliário como se fossem produtos de prateleira. A confusa posição do arquiteto diante do enorme sistema de comércio imobiliário atual não dará tempo necessário para reflexões. Fato que ocorre em muitas outras profissões, como, por exemplo, a medicina.

Puntoni, em sua investigação sobre as obras literárias, no período bíblico, como a representação de métodos construtivos, esclarece alguns pontos importantes da trajetória dessa figura chamada arquiteto. O arquiteto ou mestre-de-obras gerenciava uma equipe que sabia fazer com arte e habilidade por meio de materiais e recursos técnicos disponíveis na época. **Puntoni** cita o antigo testamento, referindo-se à passagem dos quarenta anos no deserto, com Moises, as tendas no formato de prisma, que provavelmente eram cópias do modelo egípcio. Pode considerar como um documento que relata “um objeto de arquitetura pré-fabricada, com armação e recursos materiais e meios técnicos disponíveis”. (PUNTONI, 1997)

Criou-se uma fragmentação entre o projeto e a execução da obra, causando confusões na inteligibilidade da idéia previamente elaborada na mente do autor do projeto. O arquiteto dificilmente voltará a ser um mestre de obras, mas cabe aos responsáveis coordenadores dos cursos de arquitetura formar um grupo de representantes de cada área para planos diretores pedagógicos e, junto aos coordenadores de outras faculdades, que fariam o mesmo, unirem-se para uma causa em comum – a formação dos arquitetos da atualidade: o resgate do arquiteto construtor.

A informática, desde que bem orientada, seria uma aliada para essa causa devido à vasta possibilidade de manipulação das informações representadas por um conjunto de geometrias, simples e complexas. O potencial didático da computação gráfica pode servir como um meio de comunicação entre a equipe profissional executiva e com a equipe trabalhadora. O efeito produzido pela computação gráfica esclareceria aos trabalhadores, antes do início da obra, as etapas que eles deverão cumprir. Não apenas para os executivos e compradores, mas principalmente como mais uma ferramenta para o mestre de obra.

“O arquiteto deixou, portanto, de ser o construtor do objeto da arquitetura e tornou-se o seu autor. O seu saber construir, conseqüentemente, passou a ser cada vez mais teórico e sem a vivência do canteiro de obras.”
(PUNTONI,1997:48)

Os estudantes de arquitetura, na Europa, são bem mais preparados devido à construção do conhecimento ter sido elaborada desde a infância. Claro que é incomparável a tradição e o peso do conhecimento impregnado no comportamento do europeu, porém, não deixa de ser um modelo a ser adaptado de forma inteligente e intuitiva no Brasil no que se refere às condições propiciadas pelas universidades para a permanência dos alunos no campus voltados às práticas das teorias.

O *Trivium*, gramática, dialética e retórica, eram as disciplinas obrigatórias nas universidades medievais. A primeira trata dos mecanismos da língua, a segunda os mecanismos do pensamento, a lógica, e por último os mecanismos de persuasão e instrução por meio da fala. Concluído o *trivium* os alunos estavam aptos para o *quadrivium*: aritmética, música, geometria e astronomia.

Não compete a esta pesquisa aprofundar a análise da “evolução” das civilizações, mas sim alertar para uma conscientização da necessidade de convergência entre a sabedoria antiga e o conhecimento tecnológico atual.

A idéia do *trivium* aflorou após a leitura das palestras proferidas na UniSantos por **Aziz ab’Saber**, **João Filgueiras Lima** e **Paulo Mendes da Rocha**. Constata-se o tamanho comprometimento que um estudante de arquitetura deve ter no seu período acadêmico, porém, sem ignorar sua fase de transformação e amadurecimento para um ser que a sociedade considera adulto, antes de atuar como arquiteto.

Os assuntos abordados pelos palestrantes, o meio ambiente, os sistemas construtivos e o como construir, são as três primeiras áreas de capacitação do jovem estudante de arquitetura e deveriam ser levadas a sério no plano diretor pedagógico, o que nesse momento é ainda uma hipótese.

Segundo observa o professor **Aziz**: “Nunca fale daquilo que vocês não viram”. Ele referia-se ao método de abordagem dos estudos de uma área a ser intervinda pelo grande paisagista Garret Eckbo¹⁷. Foi, no mínimo, um comentário que causou

¹⁷ “um grande paisagista norte-americano, o maior talvez do século 20 nos Estados Unidos, Garrett Eckbo.” 10 de novembro de 2005 no Conselho de Economia, Sociologia e Política da Federação do Comércio do Estado de São Paulo, onde proferiu uma palestra sobre planejamento.

desconforto para os jovens e, porque não, adultos que praticam normalmente um discurso sobre aquilo que nunca viram.

A forma de ocupação do Espaço Total, de Aziz, é algo muito sério, além de causar inquietação sobre a ação na produção do espaço construído. Não só a produção do espaço, mas quase tudo está sofrendo uma adaptação às mudanças que envolvem novas maneiras de enxergar a realidade e novas percepções.

O estudante de arquitetura sai da universidade e normalmente cabe-lhe a carapuça do “se vira nos trinta”, que é uma expressão que ficou popular oriunda do programa de televisão, aos domingos, que caracteriza a situação de insegurança quanto à sua atividade profissional. Um curso de extensão para a prática da teoria do período acadêmico dar-lhe-ia condições de atuação, capacitando-o como construtor. Isso talvez mudasse as influências sobre a produção do espaço, que é orientada, atualmente, por agentes publicitários de incorporadoras, ao invés de fazer com que se torne mais próximo da indústria da construção. É preciso ter tempo e interesse para assimilar as mudanças.

No livro “O ponto da Mutação” – **Capra**, convence o leitor a refletir sobre os novos conceitos de espaço, matéria e tempo que estão aflorando da resultante de ciclos vividos pela humanidade durante milênios.

“O antigo conceito da Terra como mãe nutriente foi radicalmente transformado nos escritos de Bacon e desapareceu por completo quando a revolução científica tratou de substituir a concepção orgânica da natureza pela metáfora do mundo como máquina. Essa mudança, que viria a ser suprema importância para o desenvolvimento subsequente da civilização ocidental, foi iniciada e completada por duas figuras gigantes do século XVII: Descartes e Newton.” (CAPRA, 1982:52)

“Descartes criou a estrutura conceitual para a ciência do século XVII, mas sua concepção da natureza como uma máquina perfeita, governada por leis matemáticas exatas, permaneceu como simples visão durante sua vida. Ele não pôde fazer mais do que esboçar as linhas gerais de sua teoria dos fenômenos naturais. O homem que deu realidade ao sonho cartesiano e completou a revolução científica foi Isaac Newton, nascido na Inglaterra em 1642, ano da morte de Galileu. Newton desenvolveu uma completa formulação matemática da concepção mecanicista da natureza e, portanto, realizou uma grandiosa síntese das obras de Copérnico e Kepler, Bacon, Galileu e Descartes. A física newtoniana, a realização culminante da ciência seiscentista, forneceu uma consciente teoria matemática do mundo, que permaneceu como sólido alicerce do pensamento científico até boa parte do século XX.” (CAPRA,1982:58)

Os residentes em medicina passam por períodos de experiências da realidade nos postos de atendimento de uma estrutura politicamente criada como produção de mão-de-obra barata, mas que ao mesmo tempo é importante como uma prévia formação. Uma proposta semelhante poderia ser pensada para os arquitetos. É preciso dar oportunidade, não só ao olhar poético, mas também à habilidade da técnica, resultando no vetor da convergência de ambos à industrialização da construção.

As três vias da produção do espaço arquitetural colocam o pensamento de **Sergio Ferro** como um meio aos questionamentos sobre as adaptações necessárias dos cursos de arquitetura para o futuro arquiteto, ou seja, para uma profissão destinada à operação de programas que modelam as informações da construção.

Ferro procura dimensionar as causas da nítida ruptura havida entre a arquitetura e a produção da mesma. Seu raciocínio permeia por uma reflexão sobre a política capitalista como protagonista dessa ruptura e a expressão “irracionalidade da atividade arquitetural” é o cerne de sua inquietação. Por outro lado, ele aponta para uma causa que é a taxa de lucro provocada pela industrialização. A confusa determinação entre os conceitos do que é a prática da manufatura da construção amplia a complexidade do sistema que, na visão de Ferro, procura manter uma política de interesses em que a força de trabalho é altamente explorada. Dentro deste

contexto, como capacitar os estudantes de Arquitetura para o uso dos novos recursos tecnológicos a favor da harmonia entre o saber e o fazer.

O papel do arquiteto entra em crise por conta da *separação do fazer e do pensar* e seu distanciamento do sistema de produção fica cada vez mais claro, transformando-o em um ser perdido entre o usuário, empreiteiro e a indústria de materiais de construção. Segundo **Ferro**, a habitação, um bem, com valores agregados como materiais (com ou sem ostentação); *status*; estética; função; não passa de um jogo de ilusões em que o projeto representa a fantasia das necessidades requeridas e o canteiro, a realidade de poder realizá-las.

O primeiro passo seria descobrir as necessidades para uma nova forma de conduzir a produção arquitetural e, em paralelo, na visão do que o autor chama de racionalidade, preservar e aperfeiçoar os meios dessa produção; aprofundar a crítica; tentar por meio da arquitetura provocar um novo comportamento social; são critérios sugeridos como base de um futuro melhor para uma nova sociedade capitalista, em que, a previsão feita por Ferro, em 1972, vingou-se nos dias de hoje.

O cenário, atual, foi de certa forma previsto pelo autor e traz profundas cicatrizes de um abismo político e social que houve entre 1970 e 1990. Estão estampadas nas grandes cidades suas hipóteses quanto à patologia do sistema e, talvez, a falta de discussões e crítica sobre o papel do arquiteto e o modo de produção arquitetural. Existe uma tentativa forçada de fazer do imóvel uma mercadoria da moda, algo sem identidade, sem história. A irracionalidade tem transitado no canteiro que, por sua vez, é influenciado pelo desenho que é influenciado pelo cliente, a incorporadora.

O jogo de interesses está em constante movimento dificultando cada vez mais enquadrar critérios e metodologias sobre uma possível mudança da produção arquitetural. Achar que um modo de produção arquitetural mudaria a produção social é um pensamento ingênuo. Por outro lado, a tentativa de abrir espaço para debates e criar condições para canteiros de obra, como laboratórios experimentais em

universidades, como meios de plantar uma nova cultura de consciência sobre o sistema da construção, seria o ponto de inversão da prática da “má-fé”¹⁸.

Uma possível célula embrionária para um projeto ambicioso de canteiros de obras virtuais, disponíveis nas faculdades de Arquitetura, é a caverna digital¹⁹, situada na Politécnica da Universidade de São Paulo, inaugurada em 2001. Além das universidades, as escolas de ensino médio deveriam trabalhar nesse segmento com o objetivo de ensinar a teoria e prática da percepção, seja por meio de desenhos, maquetes e objetos tridimensionais, ou melhor, por meio da sensibilização para o desenho urbano, já que se fala tanto em meio ambiente e sustentabilidade.

A mudança da produção arquitetural não se pode esperar do resultado de cinco anos de escola de arquitetura.

Em disciplina ministrada pela professora **Elide Monziéglio** houve a apresentação dos desenhos dos alunos do primeiro ano da FAUUSP de 1970. Os desenhos eram impecáveis. Todos, sem exceção, tinham uma nítida bagagem trazida dos tempos do colégio. Vale citar que o próprio **Sergio Ferro**, ainda estudante de arquitetura na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, já produzia projetos e os construía.

No texto “Arquitetura Nova”, escrito em 1967, procura alinhar com muito comprometimento com as palavras as questões do projeto, obra e técnica. Porém, sua abordagem é direcionada para o momento em que a política do país está em mudança radical e o anúncio do progresso influencia as novas esperanças de uma nova arquitetura. Naquela época, os jovens arquitetos estavam preparados para aplicar o conhecimento em favor de uma arquitetura social, mas a ditadura militar castrou. Segundo **Ferro**, estas expectativas tornaram a arquitetura brasileira ampla de contradições. Contradições entre os arquitetos, alienados de sua função real, e suas obras de cunho particular, tais como residências, clubes e lojas, que as expressavam como denúncias.

¹⁸ Expressão utilizado por Ferro.

¹⁹ <http://www.usp.br/agen/bols/2004/rede1347.htm#primdestaq> Boletim de 15/01/2004.

Diante de todo esse discurso, em defesa de uma avaliação sobre o destino da arquitetura brasileira para um ideal social é que se indaga como o ensino tem colaborado para isto até esse momento.

Os estudantes de arquitetura eram preparados para construir, além de fazer projetos. Sua formação era para o desenvolvimento paralelo ao progresso, inclusive da indústria da construção.

No texto sobre Carlos Barjas Millan, de **Mônica Junqueira de Camargo**, professora do departamento de História da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, está relatada a aproximação da arquitetura com os materiais e sistemas construtivos disponíveis naquela época em que o arquiteto desenhava para o construtor que construía e agia como tal.

Em 1961, junto à fábrica Eternit, o escritório do arquiteto desenvolve “um protótipo de construção industrializável”. (MATERA, 2005:253)

“Carlos Barjas Millan, formado em 1951 pela Faculdade de Arquitetura Mackenzie, montou em 1952 com seus colegas Chen y Hwa, Jacob Ruchti, Miguel Forte, Plínio Croce e Roberto Aflalo, a loja Branco& Preto, um empreendimento pioneiro na produção de móveis modernos, que passam a integrar a maioria das casas modernas dos anos 1950. Em 1957 foi convidado a dar aulas na cadeira de composição arquitetônica na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie e, em 1958, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Ainda estudante abriu seu próprio escritório, depois de um estágio com o arquiteto Rino Levi, com quem aprendeu o rigor do detalhamento. Seus primeiros projetos revelam afinidade com a arquitetura americana de Frank Lloyd Wright e a arquitetura da Califórnia, particularmente, a de Richard Neutra; apresentam plantas funcionais, soluções estruturais simplificadas, amplas aberturas com clara preocupação de integração interior e exterior; soluções que prezam a horizontalidade e a valorização dos aspectos construtivos. São projetos exaustivamente detalhados. A residência Fujiwara de 1954, por exemplo, tem seu projeto executivo com 170 pranchas.

As obras de Le Corbusier, pós 1945, e os projetos de Mies Van der Rohe despertaram o interesse de Millan para a exploração da racionalidade na busca da simplificação. O domínio que tinha da construção, em toda a sua complexidade, e a perseverança no detalhamento exaustivo lhe possibilitaram atingir soluções absolutamente sintéticas, nas quais nada falta e nada está em demasia, como comprovam as três residências, ainda hoje inalteradas: a de Roberto Millan (1960); a de Nadir Figueiredo (1960) e a de Antônio D'Elboux (1962). Tal como sua arquitetura, de presença discreta, porém intensa, Millan teve efetiva participação nos rumos da arquitetura paulista, sendo referência constante pela sua singularidade. “Reconhecidamente didático, entre os que com ele conviveram e os seus estudiosos, Millan deixou um legado – obras e desenhos – que constitui, mais do que um patrimônio arquitetônico, aulas de como se fazer arquitetura.” (CAMARGO²⁰)

“A História nos mostra que, na década de 30, arquitetos como Gregory Warchavichik, Lina Bo Bardi, Giancarlo Gasperini, Rino Levi e outros, trouxeram conhecimentos técnicos e artísticos para um período que favorecia a construção civil e verticalização, em São Paulo, e muitos contribuíram para a indústria mobiliária paulistana.” (MATERA,2005:37)

A implantação do canteiro experimental, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, pode ser considerada como um alerta para a importância da vivência da prática construtiva do estudante de arquitetura, mas esse alerta, infelizmente, não acontece em outros cursos de arquitetura.

Ferro, em textos de difícil compreensão na primeira leitura, nos passa um total comprometimento, quase um juramento de fidelidade, às suas propostas. Sua sensibilidade em perceber, naquela época, o futuro, o quanto o contexto social e político estavam causando desvio para uma nova arquitetura e função do arquiteto, é marcante na história do ensino da arquitetura.

²⁰ http://www.carlosmillan.com.br/lateral_esquerda.htm Texto escrito pela Professora, FAU/USP, Mônica Junqueira de Camargo

Da mesma forma que ele destaca o surgimento do desenho como documento de produção, faz duras críticas ao movimento que estava surgindo em razão da revolução industrial, rotulando-o como um instrumento de separação do saber do artesão e a maneira de produzir da burguesia. **Ferro** aprofunda-se no tema e mostra com muita propriedade que por trás desse progresso existe um verdadeiro massacre da mão de obra, no que diz respeito, ao seu potencial.

Vale citar alguns outros discursos de arquitetos sobre o tema como, por exemplo, o de **Villanova Artigas**, que em uma aula inaugural, em 1967, tece considerações sobre o desenho e manifesta o entusiasta que era pelo assunto.

“Com ele (Leonardo da Vinci) e os demais artistas do Renascimento o desenho se impôs. Passou a ser linguagem da técnica e da arte – como interpretação da natureza e como desígnio humano, como intenção ou arte no sentido platônico. Desenharam contra a insuficiência das ferramentas disponíveis, impacientes com a lentidão do trabalho manual.” (ARTIGAS, 2004:111)

E prossegue o professor **Artigas**, afirmando que o desenho além do risco, traçado, mediação para expressão de um plano a realizar, seria um desígnio, intenção, projeto humano no sentido de proposta do espírito.

Na visão de **Bruno Zevi** (1918), o desenho é um instrumento incapaz de representar o espaço arquitetônico.

“A evolução da escultura moderna, as experiências construtivistas, neoplásticas e em parte futuristas, as pesquisas sobre o acoplamento, a justaposição e a interpenetração dos volumes nos fornecem os instrumentos necessários para a representação. Ela é completamente satisfatória? Não diríamos tal coisa: a modelagem revela-se muito útil, deveria ser amplamente aplicada no ensino da arquitetura, mas não pode satisfazer plenamente porque omite um fator-chave de toda concepção espacial: o parâmetro humano.” (ZEVI, 1996:49)

No discurso de **Ferro**, em contraponto com os outros mestres, verifica-se, na representação da arquitetura, a influência do contexto político social em que o autor está vivendo. A harmonia da arquitetura por intermédio do bom senso do uso da escala faz transparecer o quanto o canteiro significa como uma espécie de espaço da revelação.

Ferro procura uma “coreografia”, harmônica e perfeita, entre os termos para melhor explicar as discussões entre conceitos como a teoria e a prática, ou melhor, entre o desenho e o canteiro; o confuso processo de produção e o partido aparentemente bem definido; a leitura de códigos do desenho e o analfabetismo dos trabalhadores; toda essa “coreografia”, para o leitor específico da área, torna-se um tanto fatigante, porém ao mesmo tempo aponta para um amplo campo de reflexão sobre as novas funções do arquiteto, além de todos os objetos e situações que o faz em arquiteto.

“A simulação é o passo seguinte, consistindo em aplicar variações aos modelos, em colocá-los sob diferentes pontos de vista, diferentes condições “físicas”, criando modificações possíveis, anamorfoses, distorções, replicações. É o processo de dar origem ao maior número de possibilidades e variações, potencializando os objetos virtuais além dos modelos digitais. A simulação como uma energia modelada: fragmentos de oscilações energéticas, matemáticas, formais que têm, em grande parte dos casos – neste trabalho há maior interesse-, a interface de inteligência humana, as imagens de síntese. “A imagem traz possibilidades imensas de correlações, de extrapolações, de reagrupamentos sinópticos que capitalizam o saber e totalizam o real, sistematizando-o, depurando-o para reduzi-lo ao essencial”²¹ (DUARTE, 1999:160)

Os laboratórios e oficinas são essenciais nas universidades e faculdades em geral; no caso da Arquitetura, não é normal um canteiro de obra experimental e nem oficinas e laboratórios de modelos físicos ou técnicas para tal. No entanto os laboratórios de computação têm condição de substituí-los a propósito da simulação

21 Texto retirado por DUARTE do artigo de Philippe QUÉAU. 1987. Du Langage à Image, Paris.

digital. Orientar o estudante sobre implementações do sistema CAD/CAM para modelos físicos tanto para o aspecto de comunicação como para o desenvolvimento de sistemas de montagem deve ser incluído na prática dos laboratórios de computação em parceria com máquinas de prototipagem rápida.

“A very interesting system which illustrates some of the practical potentials of CAD-CAM in building design and construction has been implemented by the U.K. window manufacturing firm of Crittalls, Ltd.(Hale 1968) It is designed to interface with production information for building in the SEAC (South Eastern Architects Collaboration) and SCOLA (Second Consortium of Local Authorities) industrialized building programs.”(MITCHELL, 1977:373)

Pesquisas comprovam novos métodos de representação do espaço por meio de instrumentos diretamente ligados à computação, um dos quais abordado neste trabalho, é utilizar a impressão 3D para a prototipagem rápida de modelos em menor escala para testes de encaixes ou o mesmo pode ser realizado com intenções de criar o próprio sistema construtivo.

A simulação da construção deveria ser apresentada para todos os participantes da produção do projeto, inclusive aos operários que compõem o canteiro de obra.

“O nível de desenvolvimento tecnológico da indústria da construção civil, a despeito dos avanços verificados com o emprego recente de painéis e módulos pré-fabricados, ainda é incomparavelmente mais atrasado que o dos demais setores da indústria convencional, além de não poder ser considerado homogêneo. No entanto, ao se observar alguns dos conceitos introduzidos no âmbito da construção industrializada no início do século XX, tais como os de tolerância e intercambiabilidade, quando pioneiros como Walter Gropius e Wachsmann (1930) aplicavam em seus projetos as experiências de racionalização antes já experimentadas pelas construções metálicas, é possível perceber que muitos dos ideais utópicos daquela época são hoje perfeitamente factíveis. Ou seja, a possibilidade de produção seriada de edifícios industrializados, quer em suas partes fundamentais, quer na sua

totalidade, é uma realidade e a indústria da construção civil está apta a dar um grande salto, superando num curto espaço de tempo a defasagem tecnológica do setor e alcançando um nível de industrialização equivalente àquele que já é visível nos países desenvolvidos.” (CAMPOS²²)

Considerando que esse é um assunto que pode entrar no âmago da inteligência artificial em que experiências virtuais da prática são possíveis, fica em aberto para dar continuidade em outro trabalho.

22 http://www.fernandoavilasantos.kit.net/barreiras_culturais_premoldados.htm
“Sem restrições tecnológicas, os pré-fabricados precisam romper obstáculos culturais”. Autor: Paulo Eduardo Fonseca de Campos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão de que toda arquitetura sugere uma estrutura, mas nem toda estrutura, uma arquitetura é no mínimo curiosa para as inovações computacionais no setor da construção civil. As superfícies complexas simuladas no computador fazem com que o foco dos cálculos dos esforços entre vigas e pilares mude para um dos componentes da superfície, o vértice. Apesar das arestas também serem importantes, é no vértice que está a articulação entre cada uma das fragmentações que compõem a superfície total do edifício.

Muito mais variáveis são solicitadas para uma boa avaliação mediada pela complexidade de combinações entre teorias da geometria e matemática, as quais se fundem para resolver as soluções de uma nova geometria das edificações, a geometria complexa. Em arquitetura os esforços despendidos para edifícios grandes são totalmente diferentes para edifícios menores. As expectativas de gerenciamento geral desde a concepção muda muito devido à escala.

A técnica construtiva de projetos grandes, que marcam a época atual, é um fator definitivo para solucionar, em alto estilo, o conceito da arquitetura envolvida com a elegância da estrutura, o que é possível pela eficiência da computação.

Este trabalho deixa em aberto pesquisas sobre modelos de aprendizado para a formação de arquitetos e maiores condições para a investigação de novos detalhamentos de técnicas construtivas. A aproximação do arquiteto com a indústria da construção demonstra uma tendência da arquitetura, hoje.

O aprendizado ainda está orientado para que os desenhos por computador sejam apenas modelos de representação da geometria do edifício. Mas é preciso introduzir a lógica da aproximação da matemática e da programação computacional, derivada dos sistemas paramétricos e associativos do novo *designer* para os cursos de arquitetura. O *designer* de produto está mais próximo da arte, técnica e manufatura. O arquiteto também precisa trabalhar em soluções de detalhamentos construtivos que implicam em criar produtos industrializados para realçar intervenções de bom senso nos espaços urbanos.

É preciso incentivar o uso dos recursos do sistema CAD no ambiente acadêmico e a integração das disciplinas como uma estratégia que deve ser avaliada, de modo a ampliar as condições de uso do computador conscientemente, o que trará benefícios para a produção e “reprodução” do espaço no que se incluem a prototipagem rápida (PR), a modelagem de informações (BIM) do edifício e o sistema de informação geográfica (GIS).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, Christopher. Ensayo sobre la Síntesis de la Forma. Buenos Aires:Ediciones Infinito, 1973.ISBN 987-9393-28-8
- ARTIGAS, João Batista Vilanova. Caminhos da arquitetura/Vilanova Artigas; (organização José Tavares Correia de Lira, Rosa Artigas). São Paulo: Cosac Naif, 2004.ISBN 85-7503353-0
- AURESNEDE, Stephan Pires (coordenador da obra). Dez cases do design brasileiro – os bastidores do processo de criação. São Paulo: Blucher, 2008. ISBN 9788521204619
- BURKE, Peter. O Renascimento Italiano – Cultura e sociedade na Itália. São Paulo: Editora Nova Alexandria, 1999. ISBN 858607554-X
- CAPRA, Fritjof. O ponto de Mutação. São Paulo: Editora Cultrix, 1982.ISBN 853160309-9
- CARRARA, Gianfranco./ KALAY, Yehuda E. Knowlwdge Based Computer Aided Architectural Design. Berkeley: Elsevier, 1994. ISBN 044481759-X
- CHOLLET, Laurence B. The Essential Frank O. Gehry. New York: Barnes & Noble, 2007. ISBN 9780760785690
- CLARK, Roger H. / PAUSE, Michael. Arquitectura: temas de composición. México: GG,1997. ISBN 9688873381
- DEL RIO, Vicente. Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento. São Paulo: Pini. 1990. ISBN: 8572660313
- DUARTE, Fábio. Arquitetura e tecnologias de informação: da Revolução Industrial à revolução digital. São Paulo: Fapesp – Editora da Unicamp, 1999. ISBN 8574190624
- FERRO, Sérgio, 1938. Arquitetura e trabalho livre. São Paulo: Cosacnaify, 2006.ISBN 8575034200

- FILATRO, Andréa. Design instrucional contextualizado – educação e tecnologia. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2004. ISBN 8573593709
- FREIRE, Paulo. Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996. ISBN 9788577530151
- GIEDION, Sigfried. Espaço, tempo e arquitetura: O desenvolvimento de uma nova tradição. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2004 ISBN 8533620209
- GIESECKE, Frederick E. Comunicação gráfica moderna. Porto Alegre: Bookman, 2002. ISBN 0138638381
- KOURY, Ana Paula. Grupo Arquitetura Nova: Flávio império e Sérgio Ferro. São Paulo: Romano Guerra Editora – USP – FAPESP, 2003. ISBN 8588585057
- CORBUSIER, Lê . Precisoões sobre um estado presente da arquitetura e do urbanismo / Lê Corbusier; São Paulo: Cosac & naif, 2004 ISBN 8575032909
- LEVY, Pierre. As tecnologias da Inteligência: O futuro do pensamento na era da informática. São Paulo: Editora 34, 1993 ISBN 8585490152
 _____. O que é Virtual. São Paulo: Editora 34, 1996. ISBN 857326036-X
 _____. Cibercultura. São Paulo: Editora 34, 1999. ISBN 857326126-9
- LYNN, Greg. Predator_Greg Lynn Form/USA. Damdi Publising Co. Korea, 2006. ISBN 8991111165
- MEIRELLES, Fernando de Souza. Informática novas aplicações com microcomputadores. São Paulo: Makron Books, 1994. ISBN 8534601860
- MITCHELL, William John. Computer aided architectural design. New York: Petrocelli / Charter, 1977. ISBN 0884053237
- MONTGOMERY, Mary. Aprendendo e ensinando geometria. São Paulo: Editora Atual, 1994. ISBN 857056595-X
- MORRISON, Hugh. Louis Sullivan – Prophet of modern architecture. New York: W.W.Norton&Company, Inc., 1962. ISBN 978-0393730234

- SERRA, Geraldo G. Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: guia prático para o trabalho de pesquisa em pós-graduação. São Paulo: Edusp – Mandarin, 2006. ISBN 8531409780
- SCHUMACHER, Patrik. Digital Hadid. Landscapes in Motion. Birkhäuser Switzerland, 2004 ISBN 3764301724
- VOLPATO, Néri. Prototipagem Rápida. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2007. ISBN 8521203888
- WIERNER, Norbert. Cibernética e Sociedade – o uso humano de seres humanos, São Paulo: Cultrix, 1954.
- ZEVI, Bruno. Saber ver a Arquitetura. São Paulo: Martins Fontes, 1996. ISBN 8533605412

BIBLIOGRAFIA geral

- ALEXANDER, Christopher. Três Aspectos de Matemática y Diseño – La Estructura Del Médio Ambiente. Barcelona: Tusquets Ediciones, 1980. ISBN 8472234053
- ASIMOV, Isaac. Eu, Robô. Rio de Janeiro: Editora Expressão e Cultura, 1969. ISBN 9780194792288
- BAKER, Geoffrey H. Análisis de la forma: Urbanismo y Arquitectura. México: GG, 1998. ISBN 8533608322
- BENDER, Richard. Uma visão de la construcción industrializada. Barcelona: GG, 1976.
- BRUNA, Paulo Júlio Valentino. Arquitetura, Industrialização e desenvolvimento. São Paulo: Editora Perspectiva, 1976
- ELAM, Kimberly. Geometry of design: studies in proportion and composition New York: Princenton Architectural Press, 2001. ISBN 1568982496
- FULLER, Buckminster R. Manual de Operação para a Espaçonave Terra. Brasília: Editora UNB, 1985
- _____. Concebendo uma nova industria. São Paulo: GFAU - USP, 1963.
- GOTTDIENER, Mark. A produção social do espaço urbano. São Paulo: EDUSP, 1993.
- GREGOTTI, Vittorio. Território da Arquitetura. São Paulo, Ed. Perspectiva, 1978.
- JODIDIO, Philip. Architecture Now! Singapura. Taschen, 2001. ISBN 3822840912
- LEUPEN, Bernard et al. Proyecto y análisis: evolución de los principio en arquitectura. Barcelona: GG, 1999. ISBN 842521761X
- MERLEAU-PONTY, M. (1999). Fenomenologia da percepção. São Paulo: Martins Fontes, 2006. ISBN 8533622937

- MORIN, Edgar. Os Sete Saberes necessários à Educação do Futuro. São Paulo: Cortez; Brasília, DF : UNESCO,2003. ISBN 852490741-X
- NEGROPONTE, Nicholas. A vida digital. São Paulo: Cia das Letras, 1995. ISBN 8571644551
- PAPERT, Seymour. A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994. ISBN 9788536310589
- PEREIRA, Paulo César Xavier. A construção da cidade. São Paulo: Rima, 2004.ISBN 8586552941
- PIAZZALUNGA,Renata. A Virtualização da Arquitetura. Campinas: Editora Papirus,2005. ISBN 8530807863
- POGRÉ, Paula. O ensino para a compreensão: a importância da reflexão e da ação no processo de ensino-aprendizagem. Vila Velha: Hoper, 2006. ISBN 8598687057
- SANTAELLA, Lucia. Navegar no ciberespaço: o perfil cognitivo do leitor imersivo. Editora Paulus. São Paulo-SP, 2004 ISBN 8534922675
- TEIXEIRA, Anísio. Pequena Introdução à Filosofia da Educação. Rio de Janeiro: DP&A,2000. ISBN 8574900052
- TOFFLER, Alvin. A terceira onda. Rio de Janeiro – RJ. Record, 1980. ISBN 8501017973
- VIRILIO, Paul. O espaço crítico. São Paulo - Editora 34, 1999. ISBN 8585490160

REFERÊNCIAS - artigos publicados

HESSELGREN, Lars. Architectural Structure: Computational Strategies. RIBA Press, book SpaceCraft.

<http://www.smartgeometry.org/book/export/html/26>

KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornelia Knatz. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, 2006.

<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3683/2049>

OOSTERHUIS, Kás. Intuitive 3d Sketching. 1995.

<http://www.oosterhuis.nl/quickstart/index.php?id=278>

_____. Experimenting with Architectural Design, advances in technology and changes in pedagogy, 2007.

<http://www.oosterhuis.nl/quickstart/index.php?id=521>

PUPO, Regiane Trevisan. I International Workshop Digital Design for Architecture – concepção arquitetônica em ambiente computacional.

<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp414.asp>

SASS, Lawrence. Rapid Prototyping Techniques For Building Program Study. Massachusetts Institute of Technology, 2004.

http://ddf.mit.edu/papers/03_lsass_cadria_2004.pdf

_____. Design Production: Constructing freeform designs with rapid prototyping. ECAADE 2005.

http://cuminCAD.scix.net/data/works/att/2005_261.content.pdf

_____. THE INSTANT HOUSE: Design and digital fabrication of housing for developing environments. CAADRIA, 2006.

http://cuminCAD.scix.net/data/works/att/caadria2006_209.content.pdf

WISNIK, Guilherme. Arte e arquitetura ao alcance da mão
06/03/2006 Folha de São Paulo.

STREICH, Bernd. Creating Architecture Models by
Computer_Aided Prototyping. CAAD
Futures Digital Proceedings, 1991.

<http://cuminCAD.scix.net/data/works/att/4c21.content.pdf>

BIBLIOGRAFIA – Teses e Dissertações

- CHAPUIS, Florência. A difusão de sistemas CAD em escritórios de Arquitetura. Dissertação de Mestrado – UFRJ Rio de Janeiro, 1995.
- FERREIRA, Rita Cristina. Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007. POLI – USP.
- FLORIO, Wilson. O uso de ferramentas de modelagem vetorial na concepção de uma arquitetura de formas complexas. Tese de Doutorado. São Paulo – SP, 2005. FAUUSP
- PAZINI, Dulce Leia Garcia e Enaldo Pires Montanha. Geoprocessamento no ensino fundamental: utilizando SIG no ensino de Geografia para alunos de 5.a a 8.a série. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE.
<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.22.19.05/doc/1329.pdf>
- PUNTONI, Geraldo Vespasiano. Ensino de desenho: um treinamento da habilidade de fazer desenhos. São Paulo, 1992. Dissertação Mestrado. FAUUSP
- _____. O desenho técnico e o ato criador do arquiteto. São Paulo, 1997. Tese de Doutorado. FAUUSP
- RIGHETO, Sandra Volpon Diogo. Do desenho ao Modelo: A apresentação do projeto arquitetônico. Tese de Doutorado FAUUSP. São Paulo, 2005.
- ROYZEN, Beatriz G B. Etapas da construção de uma residência: um apoio virtual para o curso de arquitetura. (protótipo de um *website*) Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de especialização Máster em Tecnologia Educacional da FAAP, 2004.
- SILVA, Julio César da. Aprendizagem mediada por computador: uma proposta para desenho técnico mecânico. Tese de Doutorado da Faculdade de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

- STEFFEN, Heloisa Helena. Robotica Pedagógica Na Educação: Um Recurso De Comunicação, Regulagem e Cognição. Tese Mestrado ECA_USP, 2002.
- TAMASHIRO, Heverson Akira. Desenho Técnico Arquitetônico: constatação do atual ensino nas escolas brasileiras de arquitetura e urbanismo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Carlos, 2003.
- VASSÃO, Caio Adorno. ARQUITETURA LIVRE: Complexidade, Metadesign e Ciência Nômade. Tese de Doutorado. Faculdade de arquitetura e urbanismo da Universidade de São Paulo, 2008.
- VINCENT, Charles de Castro. Processos de Projeto e Computação Gráfica: Uma abordagem didática. Tese de Doutorado. São Paulo_2002. FAUUSP.

REFERÊNCIAS da WEB

Design and computation. M.I.T – Department of Architecture.

<http://descomp.scripts.mit.edu/www/> (21/01/09)

The Emergent Design Group (EDG) was founded in 1997 at the School of Architecture & Planning, MIT to research new approaches to design at the intersection of architecture, engineering, artificial intelligence, and material science.

<http://mit.edu/edgsrc/www/> (21/01/09)

Takehiko is an architect from Tokyo. At MIT, he teaches courses related computer-aided design, and his research focuses on the representation and computation of architectural space and formal design knowledge. He has founded and led **Architecture, Representation and Computation** group (ARC) since 1996.

<http://cat2.mit.edu/takehiko/> (21/01/09)

Galeria de trabalhos realizados no M.I.T.

http://cat2.mit.edu/arc/gallery/4203_final3/marco.html (21/01/09)

MEC – Ministério da Educação e Cultura

<http://www.mec.gov.br/> 21/01/09

Grupo Smart Geometry – Some of the world's leading architectural and engineering practices (Foster+Partners, KPF, Arup, Buro Happold) and educational institutions (Architectural Association, MIT, Delft Technical University, University of Bath) are represented in its core organisation.

<http://www.smartgeometry.org/> 21/01/09

RIBA Press.

www.smartgeometry.org/book/export/html/26 21/01/2009

Waldemar W. Setzer

<http://www.ime.usp.br/~vwsetzer/meios-eletr.html> 21/01/2009

Greg Lynn

<http://www.glform.com/> 21/01/2009

Zaha Hadid

<http://www.zaha-hadid.com/> 21/01/2009

Unicamp

<http://www.fec.unicamp.br/> 21/01/2009