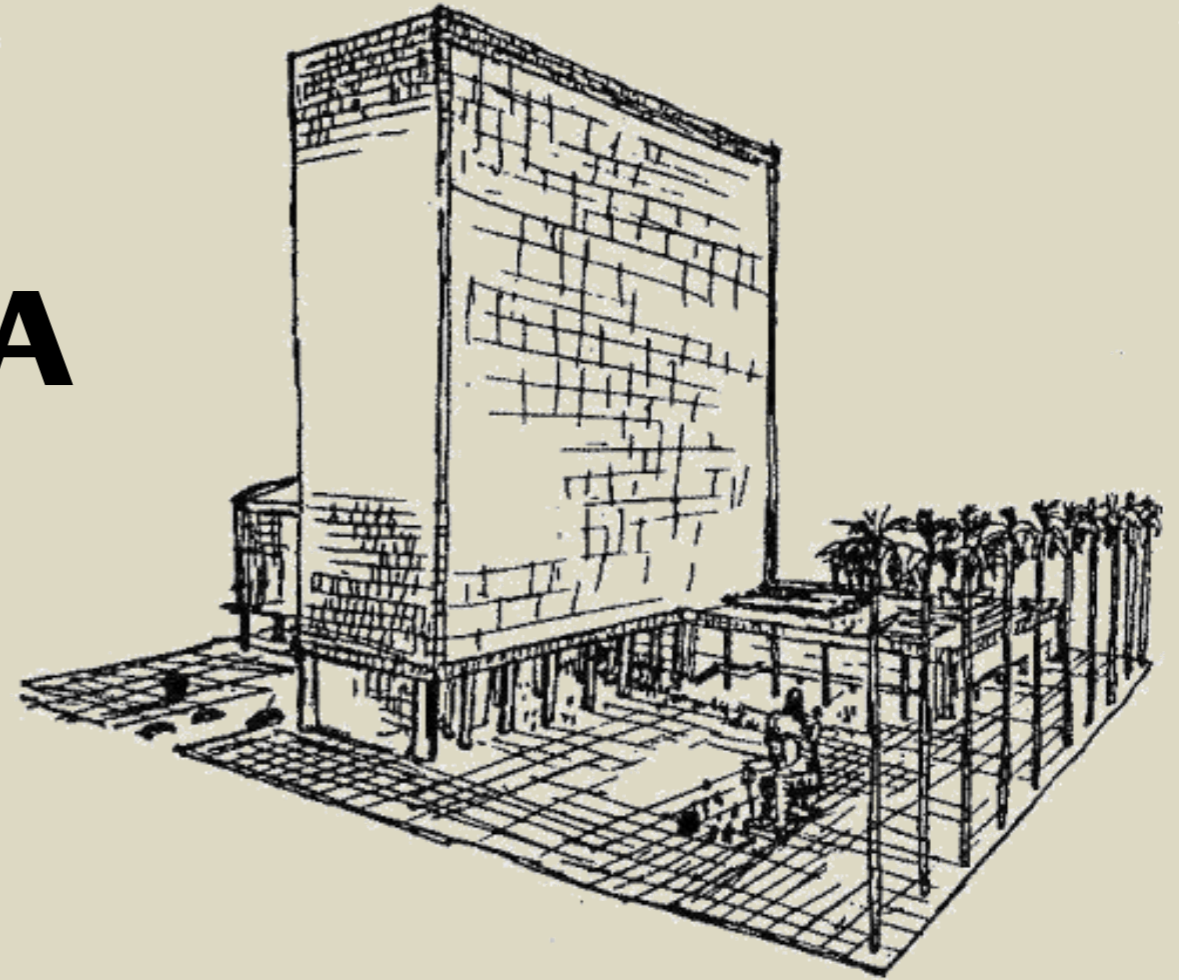


LINGUAGEM GRÁFICA EM ARQUITETURA



*Ministério da Educação e Saúde do Rio de Janeiro, atual
Palácio Gustavo Capanema, 1939–1945.*



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – CENTRO TECNOLÓGICO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

ARQ. 1101 – IDEIA, MÉTODO E LINGUAGEM | PROF. DRA. SONIA AFONSO

TRIMESTRE 2013/2

GRUPO: CAROLINA PINTO, JULIANA TISSOT, PAULA BATISTELLO, RAFAEL CAMPOS, RICARDO ALBERTI

O DESENHO NA HISTÓRIA

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA EM ARQUITETURA

UMA IMAGEM VALE
MAIS QUE MIL
PALAVRAS!

Representação gráfica em
Arquitetura é a forma de **apresentar** um
projeto de forma que ele possa ser
executado.



Usar as ferramentas gráficas com o
objetivo de transpor as ideias
arquitetônicas para a representação visual.

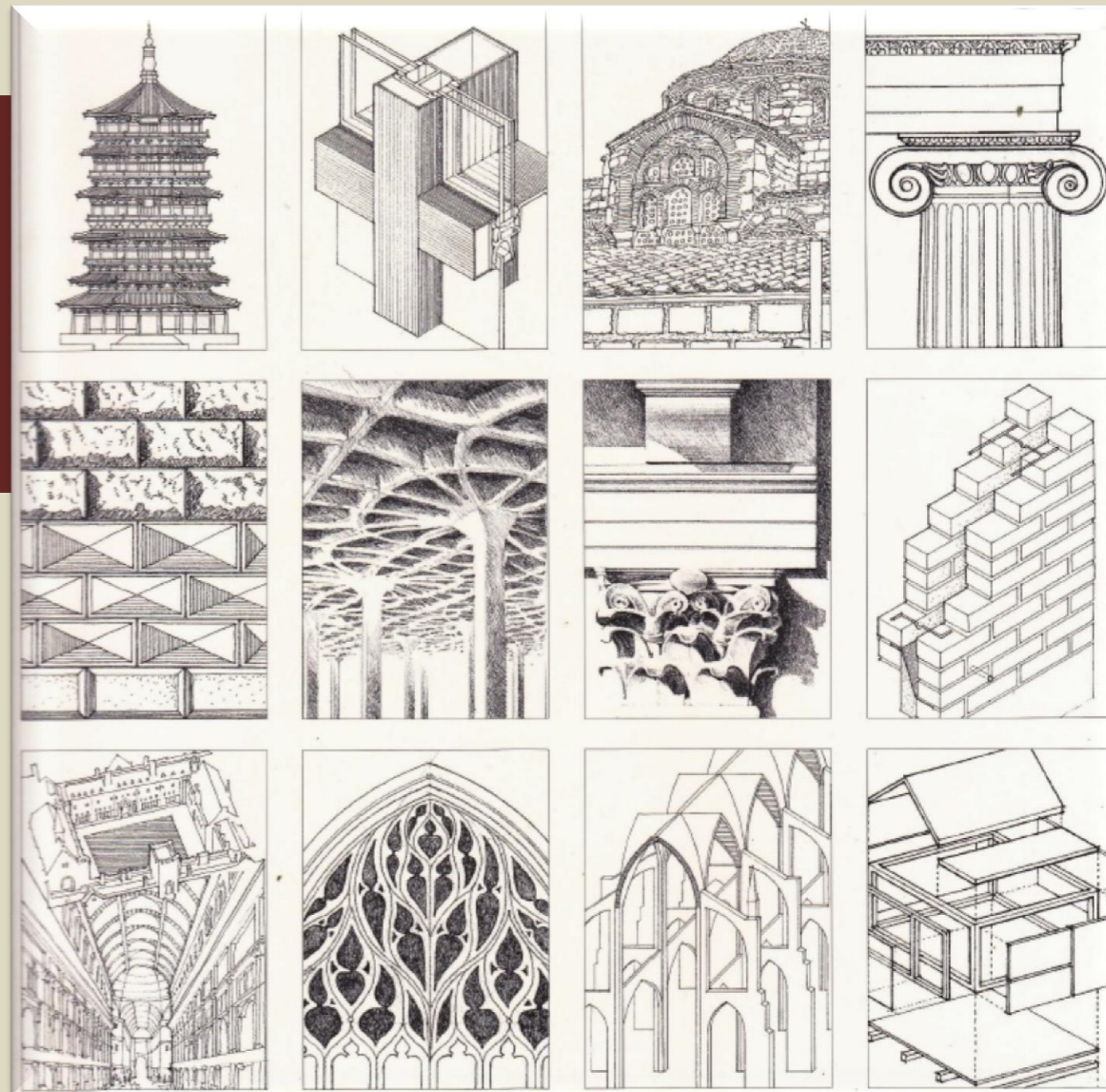


Figura 01: Representações gráficas. Fonte: CHING, 1995.

Os primeiros registros gráficos de Arquitetura datam de aproximadamente 2.450 a.C.

Observa-se na figura ao lado o emprego de símbolos semelhantes às projeções ortogonais usadas atualmente.

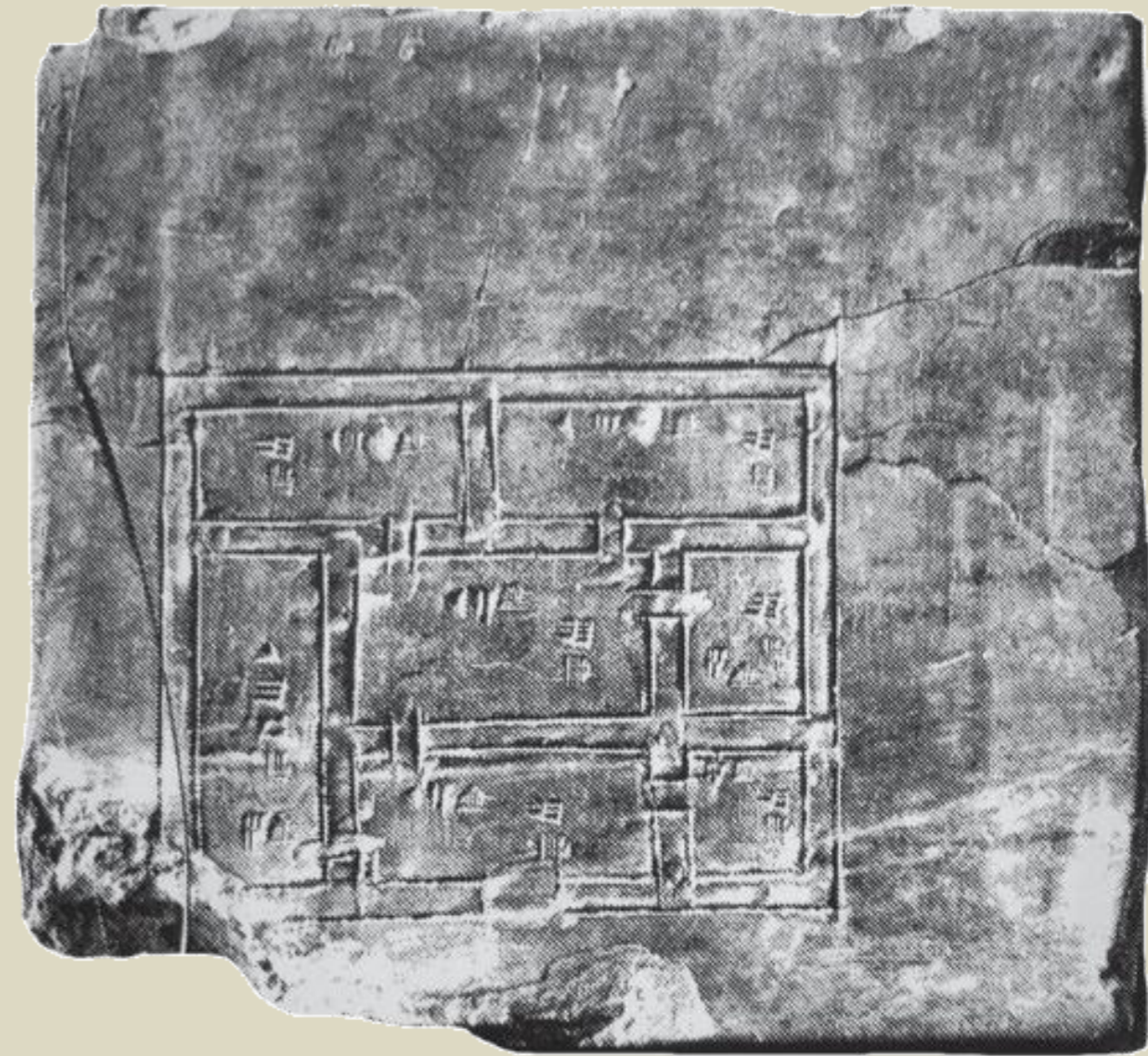


Figura 02 – Representação arquitetônica na Mesopotâmia, cerca de 2.450 a.C. Fonte: Cattani, 2006.

TIPOS DE REPRESENTAÇÃO

ESBOÇOS

- Reflexão de ideias;
- Expressão de conhecimento;
- Concepção de ideias.

IMAGENS OU REPRESENTAÇÕES FIGURATIVAS

- Perspectivas e maquetes;
- Mais fácil visualização para o leigo.

DESENHO TÉCNICO

- Cumpre as exigências legais;
- Métodos informativos como plantas, cortes e fachadas.

Quando o homem inicia um processo mais complexo de construção também inicia a necessidade de representar suas ideias de forma mais concreta e não apenas verbalmente – *in loco*.

Vitruvio com sua obra *De Architectura* no século I a.C. marca a relação entre desenho e arquitetura com as definições de planta, fachada e perspectiva e todo um conjunto de registros sobre a forma de projetar.

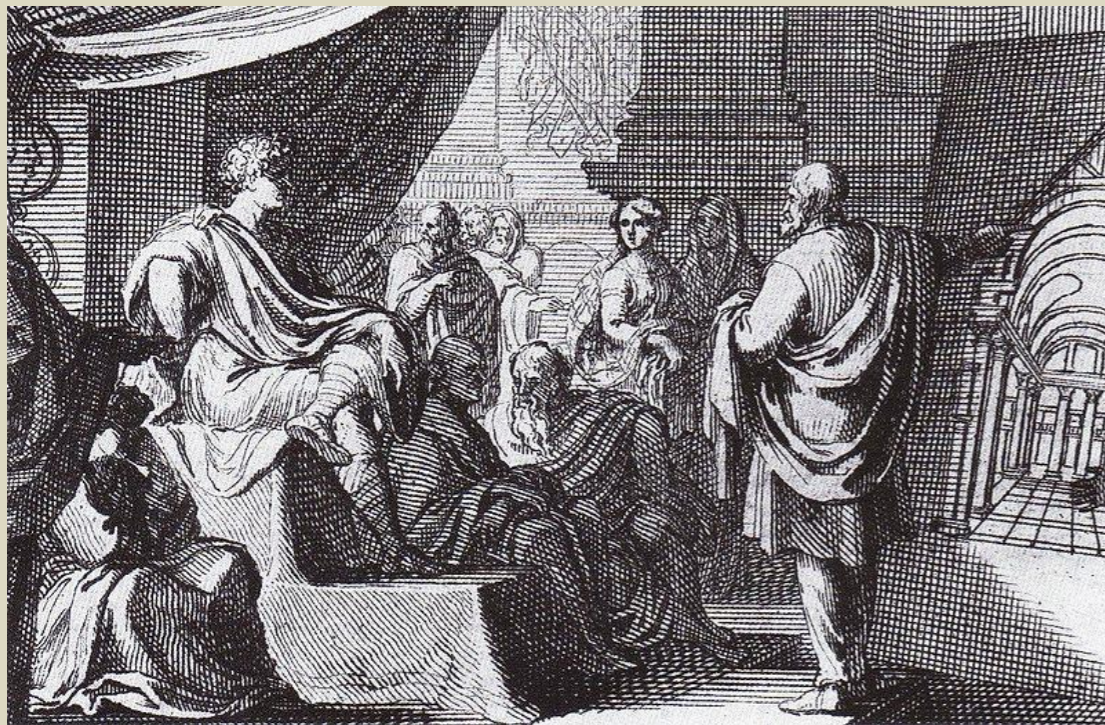


Figura 03 – Vitruvius (à direita) mostrando o "*De Architectura*" a Augusto. Autor: Sebastian Le Clerc, 1684.

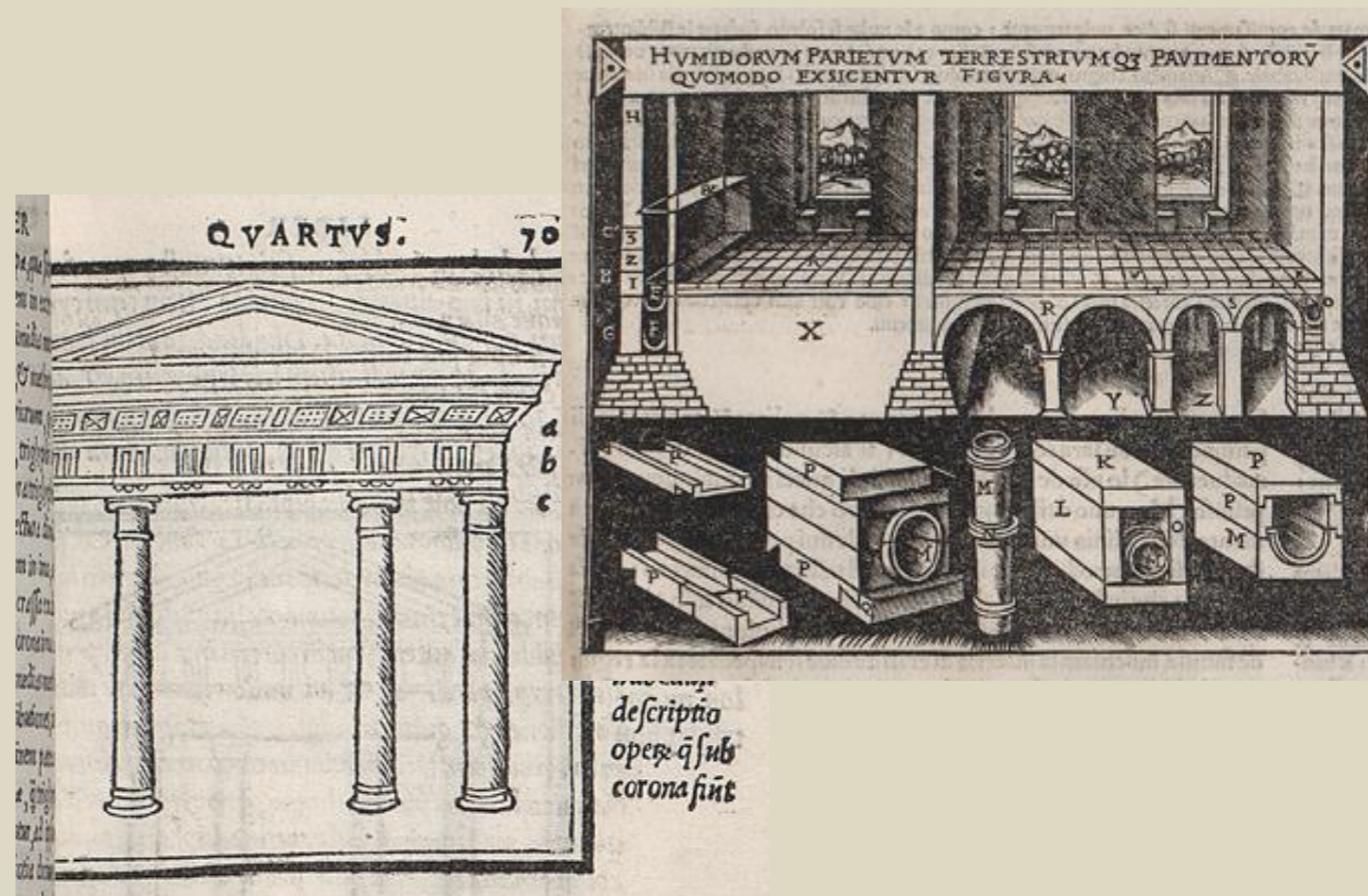


Figura 04 e 05 – imagens do livro *De Architectura*. Autor: Vitruvius, séc. I a.C..

A partir do séc. XV e XVI as novas técnicas construtivas, a especialização e a repetição de certos trabalhos conduziram ao desenvolvimento de técnicas de representação mais aperfeiçoadas para permitir melhor visualização e compreensão prévia da obra a ser construída.

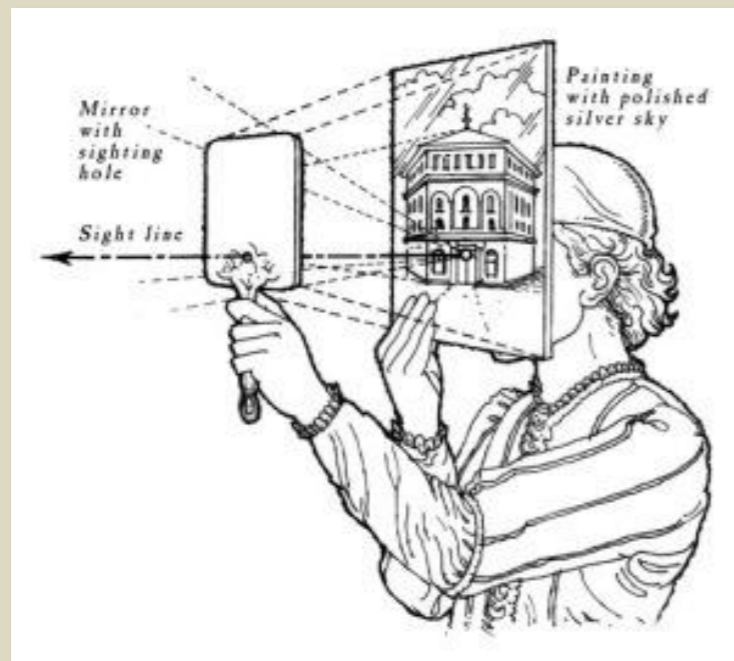


Figura 06 – Técnica de perspectiva de Brunelleschi.

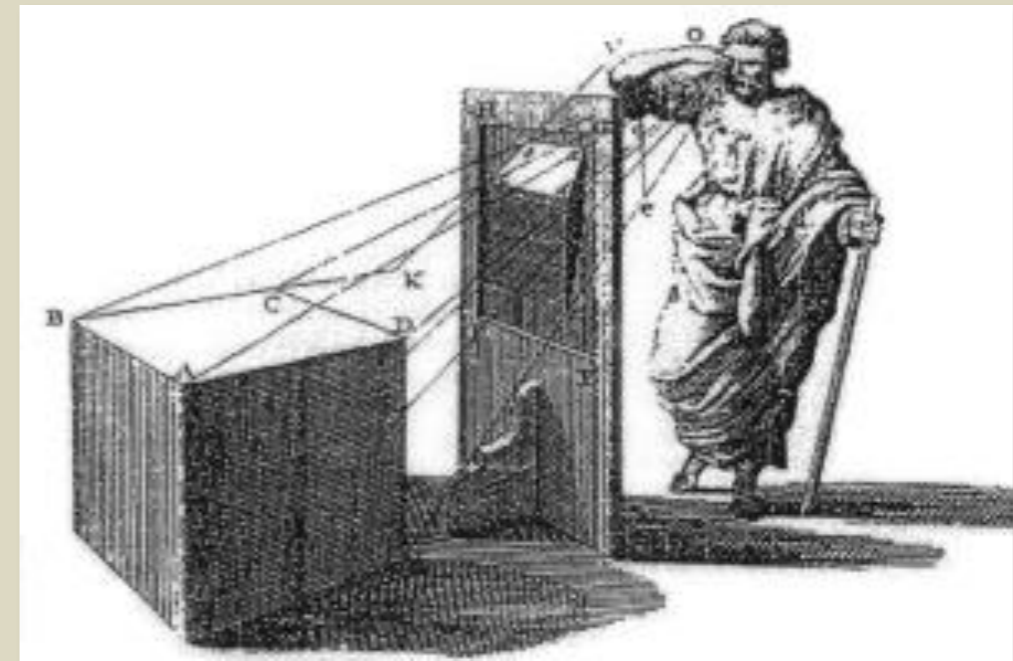


Figura 07 – Técnica de perspectiva de Alberti publicada no livro *De pictura* em 1436.

Filipo Brunelleschi (1377/1446) e Leon Battista Alberti (1404/1472) se destacaram por desenvolver uma nova técnica de representação: a “perspectiva”, que permitia visualizar a obra como se estivesse sendo vista por um observador.

A partir disto poderiam ser testadas alternativas diferentes para a obra sem necessidade de executar uma construção.

Durante o Renascimento o desenho de Arquitetura esteve muito ligado às manifestações artísticas.



Figura 08 – Leonardo da Vinci (1452–1519)
Autor: Leonardo da Vinci

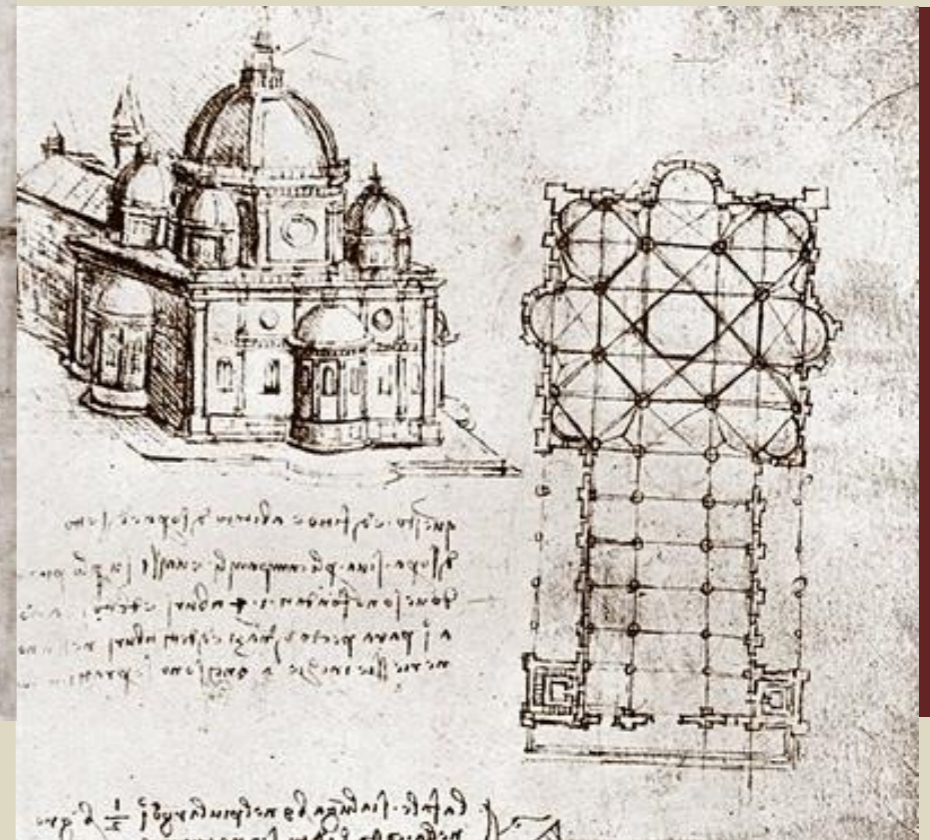
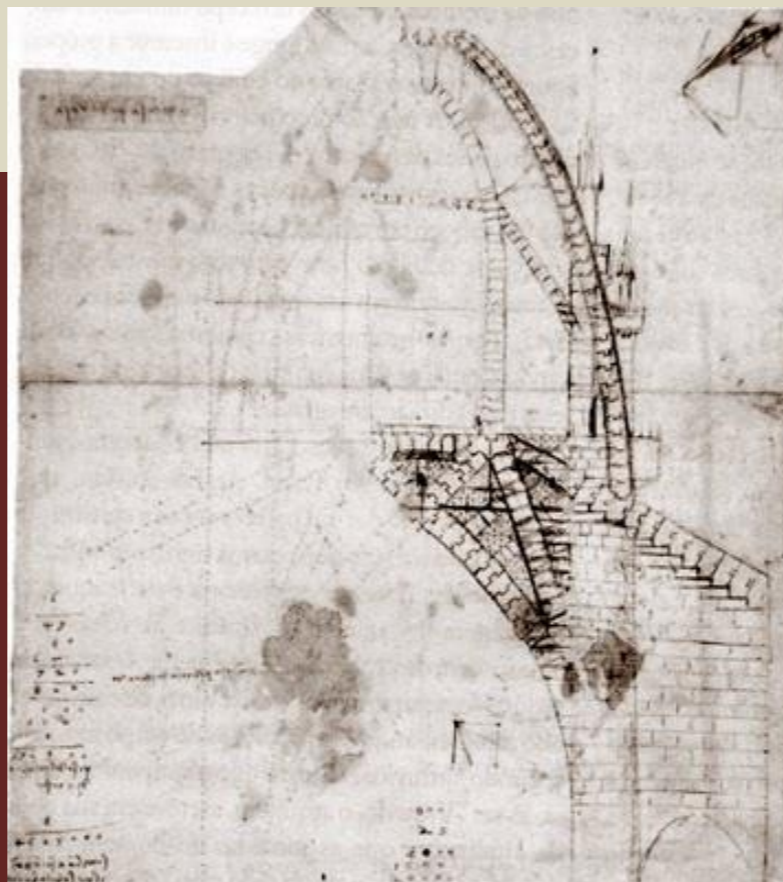


Figura 09 e 10 – Projetos e detalhes de construções. Autor: Leonardo da Vinci

Gaspard Monge, (1746/1818) matemático francês, no séc. XVIII estabelece as bases do sistema projetivo que até hoje é empregado na representação gráfica: a Geometria Descritiva.

A necessidade da representação da Arquitetura transformou a profissão do Arquiteto reforçando a competência profissional. Isso também acaba criando um distanciamento entre os mestres (operários) e os Arquitetos, que agora devem dirigir a execução da obra.

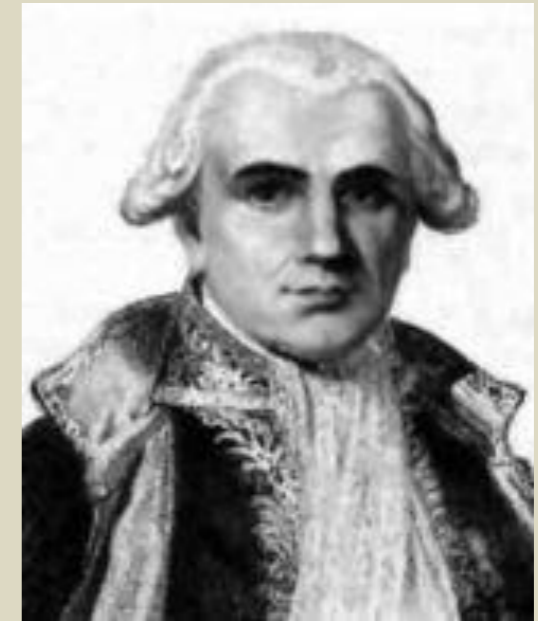


Figura 11 – Gaspard Monge.

Os elementos gráficos enquanto conhecimento acabam por se transformar em instrumentos de poder, já que eram acessíveis a poucos e estes acabam usando-os como instrumentos de dominação.

Exemplos históricos:

- Brunelleschi, autor da cúpula de Santa Maria de Fiori, em Florença (sec. XV), mantinha o projeto em segredo para todos os operários que trabalhavam na obra;
- A geometria descritiva desenvolvida por Monge foi segredo militar durante 15 anos, quando era ministrada pelo próprio Monge na Escola Militar de Mézières.

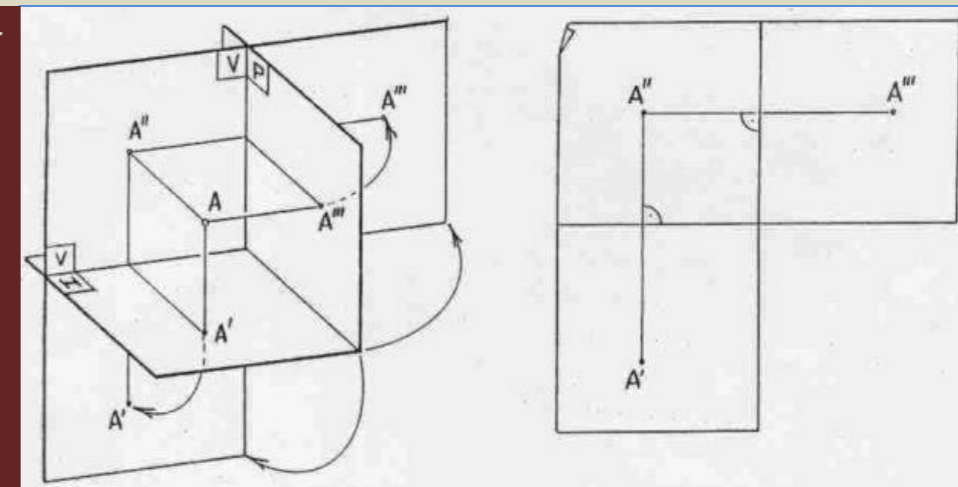


Figura 12 – Representação de técnica de geometria descritiva.

A partir da industrialização capitalista houve uma maior necessidade de sistematização dos desenhos, de modo que não desse margem a dúvidas e que não permitisse que quem o executasse tivesse que encontrar uma solução arbitrária para um problema.

O desenho técnico, com suas representações convencionadas, possibilita a compreensão de suas informações de forma correta, independente do local onde a pessoa o recebe.

A OBRA SE REVELA MAIS EFÊMERA QUE O PROJETO, JÁ QUE O EDIFÍCIO PODE SE DEGRADAR, MAS O PROJETO FICA COMO TESTEMUNHA, AUMENTANDO SUA IMPORTÂNCIA COMO DOCUMENTO.

Também têm importância os esboços e desenhos como fontes essenciais para o desvendar da concepção e do processo projetual.

Ao projetar se desenha,
não só de forma gráfica
ou mental, mas ambas.



Figura 13 – Representação de um Arquiteto em sua prancheta.

Para Durand (2003) a representação imagética projetual cumpre três funções básicas:

Auxiliar à concepção

- Desenho auxiliar ao amadurecimento dos estudos preliminares;

Comunicar o projeto

- Desenho de apresentação, destinado ao público, leigo ou não;

Definir o projeto

- Desenho documental, permite construir o objeto projetado.

TIPOS DE REPRESENTAÇÃO

- 1. CROQUI/ Esboço;
- 2. MAQUETE FÍSICA;
- 3. DESENHO TÉCNICO.

DESENHO = FORMA DE EXPRESSÃO

Desde suas origens o homem comunica-se através de grafismos e desenhos.

As primeiras **formas de representações** que conhecemos são as **pinturas rupestres**, em que o homem representava não apenas o mundo que o cercava, mas também as suas sensações: alegrias, medos, crenças, danças.



Figura 14: Desenho rupestre

Ao longo da história, a comunicação através do desenho, foi evoluindo, dando origem a duas formas de desenho: o desenho artístico – que pretende comunicar ideias e sensações, estimulando a imaginação do espectador; e o desenho técnico – que tem por finalidade a representação dos objetos o mais próximo do possível, em formas e dimensões.

Em arquitetura, o desenho é a principal forma de expressão. É através dele que o arquiteto exterioriza as suas criações e soluções, representando o seu projeto.

1. Esboço/ Croqui:

- > REFLEXÃO DE IDEIAS;
- > EXPRESSÃO DO CONHECIMENTO;
- > CONCEPÇÃO DE IDEIAS.

O esboço e/ou croqui são um desenho à mão livre. O termo à mão livre é utilizado para designar um desenho ou também pintura conduzido de modo totalmente manual, com as mãos, sem necessidade de qualquer outro tipo de artefato. Seria como desenhar com apenas um papel e lápis sem ter nenhuma referência visual ou manual, usando somente a imaginação.

O desenho em si, é um poderoso instrumento pois muitas vezes é a ferramenta que substitui o diálogo. Seu objetivo principal é de representar no papel o que temos na cabeça, permitindo outras pessoas visualizem aquilo que pretendemos.

A função do desenho é a comunicação da ideia arquitetônica, identificado em três diferentes momentos:

- Desenvolvimento da ideia – desenho serve como auxílio do pensamento;
- Apresentação da ideia – arquiteto/usuário;
- Comunicação – profissionais envolvidos – desenho legal, executivo, compartilhado.



Figura 15: Representação de um desenho a mão livre



Figura 16: Representação de um desenho a mão livre

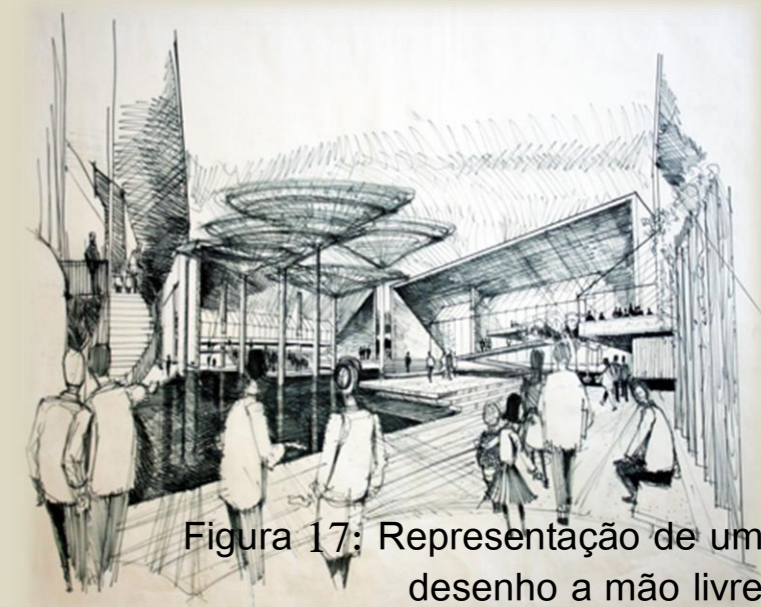


Figura 17: Representação de um desenho a mão livre

CROQUER - CROQUI

A origem do termo croqui vem do francês *croquer*, que significa simplesmente esboçar.

Um croqui não exige grande precisão, refinamento gráfico ou mesmo cuidados com sua preservação. Costuma ser realizado em intervalos de tempo relativamente curtos, como períodos de 10 a 15 minutos. O mais importante no croqui é o **registro gráfico de uma ideia instantânea**, através de uma técnica de desenho rápida e descompromissada.

O croqui possui um papel de destaque pois é considerado uma etapa do projeto. Neste contexto, costuma ser considerado um desenho bastante pessoal usado principalmente para discutir ideias.

- **Materiais e Técnicas:**

Um croqui, dado o seu aspecto de instantaneidade e diálogo informal, não costuma seguir regras formais de desenho ou técnicas muito elaboradas. Os principais materiais para elaboração do croqui são aqueles que não exigem um refinamento maior de desenho: lápis, barras de grafite, entre outros. Pode ser realizado em praticamente qualquer material, como as mais diversas variedades de papel e normalmente não envolve gestos elaborados ou refinados, costumam caracterizar-se como um desenho de linha pura, com eventuais texturas rápidas, mais representativas que realistas.

CROQUER - CROQUI

Segundo GOUVEIA (1998) o croqui para **Paulo Mendes da Rocha** se caracteriza por variadas formas gráficas – perspectivas (planas e ou isométricas), configurações diédricas (plantas, cortes, fachadas), esquemas e símbolos gráficos – cada um com uma especificidade, mas todos com caráter predominante de simulação.

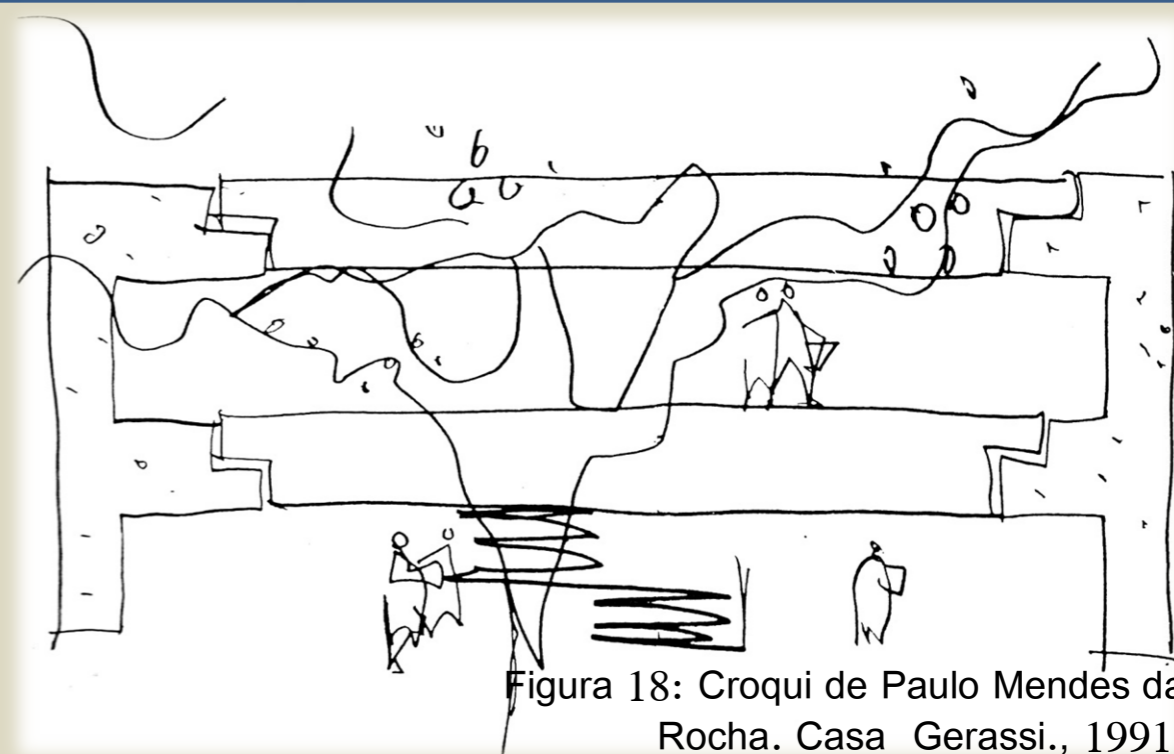


Figura 18: Croqui de Paulo Mendes da Rocha. Casa Gerassi., 1991.

Ainda segundo a autora, **Vittorio Gregotti** em seu livro Território da Arquitetura de 1996 expõem que nos interessa particularmente o croqui entendido como instrumento projetivo e não instrumental (a mão livre), principalmente aquele no qual as primeiras imagens do edifício ou da paisagem modificada são transcritas para a forma gráfica, constituindo-se enquanto figuras. Geralmente são desenhos expressivos, acompanhados de plantas, cortes e também esquemas e anotações verbais, que podem ser definidos sob os aspectos simulação e representação, se no caso admitirmos a leitura do ambiente como parte do processo projetivo:

- *Desenho de observação*: tende a ser considerado como **representação mimética da realidade visiva**; no entanto, no caso específico do arquiteto, este desenho é uma **leitura desta realidade**. Diferente de uma representação analógica direta, mecânica, como por exemplo a fotografia, manifesta-se como uma análise e uma seleção dos aspectos inerentes ao lugar, enquanto possibilidades projetivas;
- *Desenho de simulação*: constitui-se conceitualmente por um desenho no qual a **realidade é transformada**, recriada ou totalmente projetada. É o desejo tornando-se virtualidade concreta. Graficamente inclui as diversas fases do projeto: da análise prospectiva da paisagem observada, os primeiros croquis de ideação programática e formal, à concepção figurativa do edifício.

“Desenhar o espaço é pensá-lo através de imagens visuais; e projetar, no que se refere às edificações na arquitetura, é formular intervenções organizadas no espaço, através de imagens visuais”. (GOUVEIA, 1998, p.16)

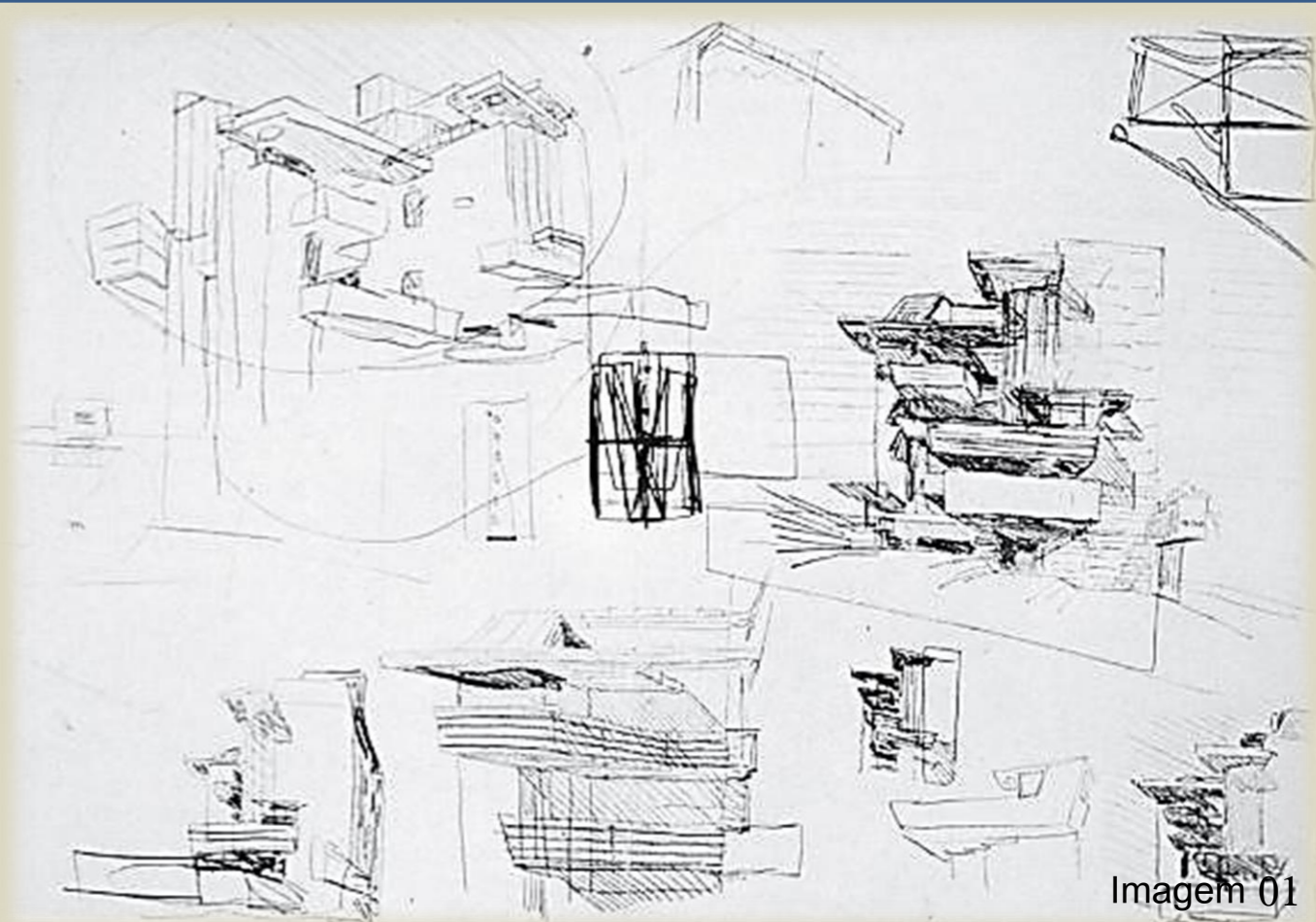


Imagem 01

Figura 19– Croqui de Carlo Scarpa (1906 –1978). Projeto para apartamentos, Feltre (Bellino), 1949.

LOS (s/d), comenta que Carlos Scarpa resolvia seus problemas desenhando. No início havia um esforço para compreender o que às vezes parecem inúteis complicações que a lógica verbal ou aritmética teriam resolvido imediatamente. A descoberta da riqueza propositiva oferecida à imaginação e à capacidade de resolver arquitetonicamente problemas não arquitetônicos, era um acontecimento intelectual e existencial extraordinário.

LE CORBUSIER

Le Corbusier carregava sempre consigo os seus livros de notas, no qual registrava verbal e pictoricamente tudo que lhe interessava no cotidiano e nas suas viagens pelo mundo.

No livro *Oeuvre Complète* (1952–1957), encontra-se um croqui do Palácio da Justiça em Chandigarh na Índia e na mesma página encontra-se também uma foto da obra já construída, do mesmo ponto de vista que o arquiteto imaginou ao fazer o croqui.

O mais importante a ressaltar nesta comparação não é a qualidade gráfica do desenho, feito com poucas linhas, de contorno apenas, mas o reflexo pelo qual o edifício impressiona o espelho d'água que compõe seu entorno.

Esta imagem, este efeito proporcionado pela arquitetura, inserida dentro da paisagem, já estava pelo mestre, claramente definido no croqui.

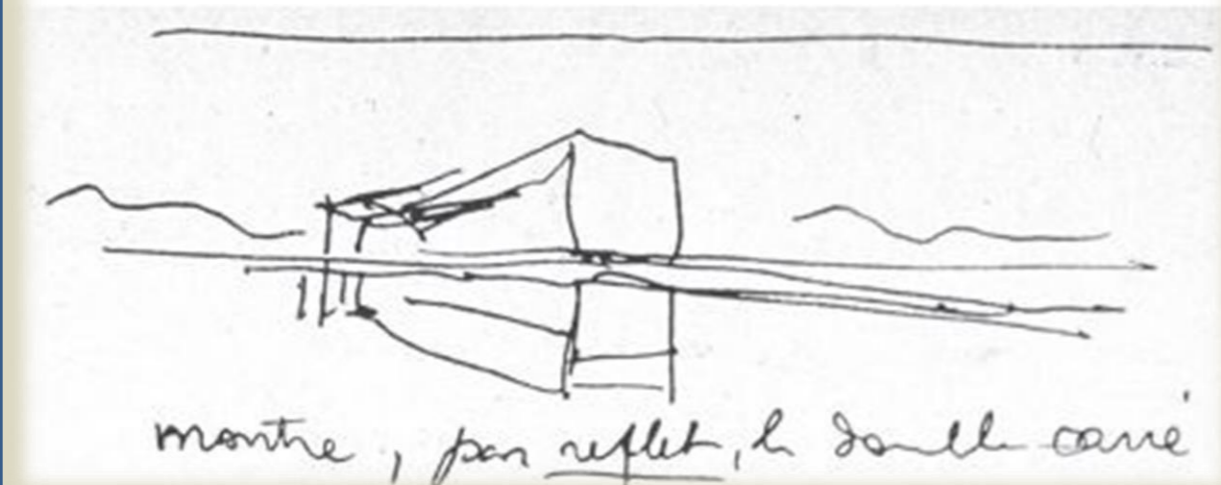
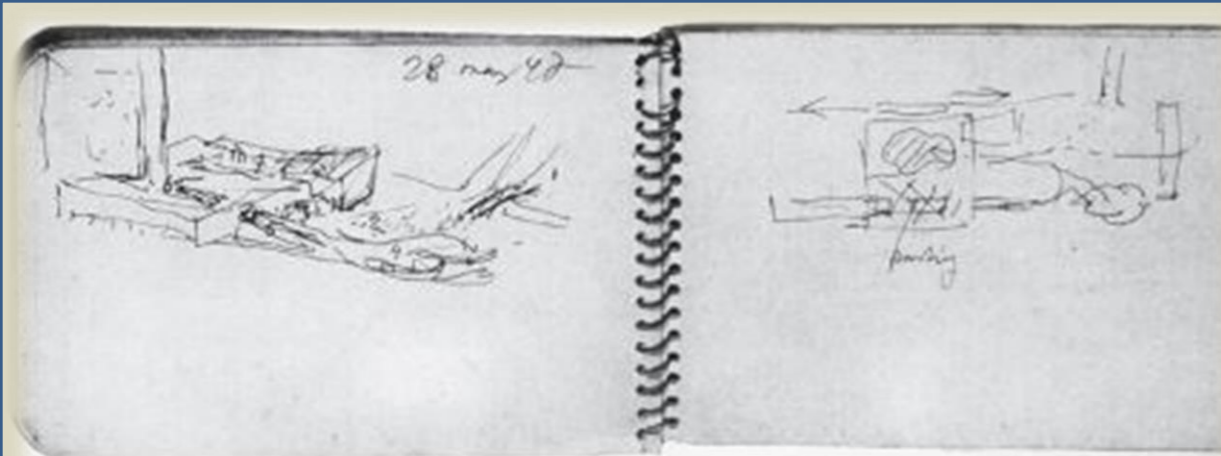


Figura 20: Croqui de Le Corbusier

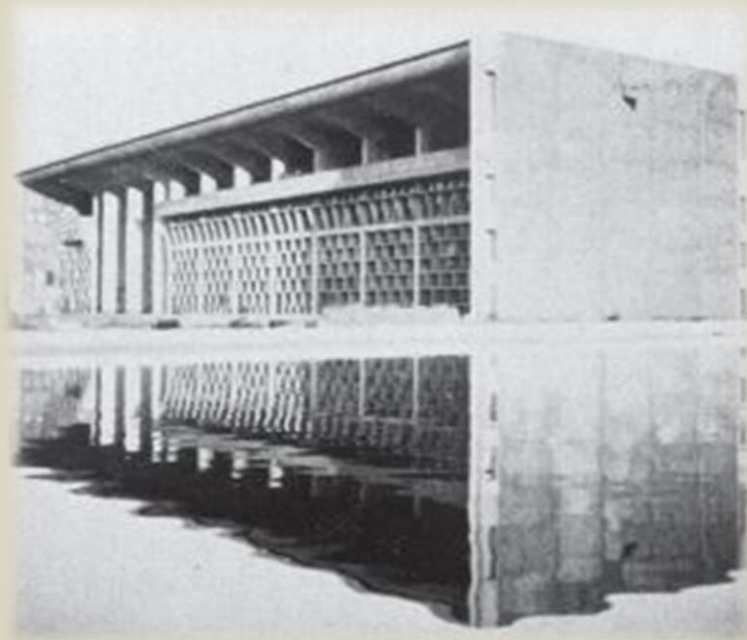


Figura 21 : Palácio da Justiça, Chandigarh. Le Corbusier, 1952

2. MAQUETE FÍSICA:

Maquete (em francês), **maqueta**, ou **modelo** é uma representação em escala de grandes estruturas. Ou seja, é qualquer representação realista podendo ser funcional ou não, dependendo do interesse do estudo.

As maquetes são geralmente utilizadas em projetos de planejamento urbano mostrando o visual de novas construções no contexto da área existente.

Podem ser feitas com uma grande diversidade de materiais, incluindo plásticos, metais, madeira e um material próprio chamado cartão de maquete.



Figura 22: Maquete da Comuna Francesa Le Plessis-Robinson



Figura 23: Maquete feita por um estudante de arquitetura – Cheio x Vazios



Nos tempos egípcio e greco-romano, as maquetes de arquitetura eram feitas, antes de tudo, como símbolos.

Na Idade Média, com o advento das catedrais, os pedreiros se deslocavam pelo interior, levando maquetes que ilustravam suas especializações, como, por exemplo, a construção de arcos. Até o séc. XIV, o uso de maquetes não era determinante para o desenvolvimento do projeto.

No final do séc. XIV, foi feita uma maquete da para um estudo da Cúpula da Catedral de Florença, de Filippo Brunelleschi.

Figura 24 e 25: Foto e Maquete da Catedral de Florença.
Fillipo Brunelleschi, 1436

É no Renascimento, que o uso das maquetes se tornará recorrente como elementos de comunicação e de complementação dos desenhos arquitetônicos.

Durante o Renascimento, o uso de maquetes também foi recorrente para se obter patronos para a construção. À medida em que a educação em arquitetura passou a ser dominada por escolas de belas artes, as maquetes passaram a ser substituídas por desenhos (elevações e plantas-baixas).

Antes do séc. XVIII, as maquetes de arquitetura foram construídas fundamentalmente como métodos descritivos ou de avaliação, ou ainda, como modelos pré-fabricados em tamanho real (escala 1:1) que serviam para o estudo estrutural. Mas nos meados desse mesmo século, as maquetes passaram a ter um valor educativo, quando foram utilizadas pelas escolas técnicas.



Fira 26 e 27: Foto e Maquete da Basílica de São Pedro em Roma Detalhe para a Cúpula desenhada por Michelangelo em 1564.

ANTONI GAUDÍ

(1852 –1926)

também começou a usar maquetes para explorar ideias estruturais e sua linguagem arquitetônica.



Figura 29



Figura 28



Figura 30

Obras de Gaudí.

Figura 28: Casa Batlló, 1904 – 1906, Barcelona;

Figura 29: Sagrada Família, 1884, Barcelona;

Figura 30: Casa Milá, 1905 – 1907, Barcelona

Foi no início do séc. XX que as maquetes ganharam um grande destaque, principalmente no uso do contexto da Escola Bauhaus (1919), de Walter Gropius (1883–1969).

Os arquitetos modernistas olhavam para a arquitetura como a experiência do movimento através do espaço. Portanto, os desenhos ortográficos e as perspectivas foram considerados como formas limitadas de representação.

Desde esse momento, as **maquetes voltaram a ter importância no contexto do projeto, especialmente na fase de concepção.**

Um exemplo foi o arquiteto **Gerrit Rietveld** (1888–1964) e sua sequência de maquetes para o projeto da **Casa Schröder** (1920, Utrecht, Holanda), evidencia-se que a casa foi concebida a partir de um bloco.



Figura 31 e 32: Maquete e foto da Casa Schroder, Gerrit Rietveld, 1920, Holanda

Durante a década de 1950, o Modernismo deu corpo à forma por meio de projetos extremamente minimalistas (cubos, cilindros etc.). Se, por um lado, as maquetes forneciam um meio para visualizar as escalas e as massas, por outro, o papel das maquetes começou a ter menos importância.

Com a perda da força do Modernismo, por volta da década de 70, a exploração espacial passou a seguir diversos novos caminhos e as maquetes ganharam novos destaques. De fato, a maquete tem mais de quinhentos anos de existência e de importância no processo de comunicação e compreensão da arquitetura. Mas no início dos anos de 90, o papel das maquetes foi desafiado pelo surgimento das novas tecnologias de informação e de comunicação.

Imaginou-se que maquetes eletrônicas substituiriam todas as experiências sensoriais. Ainda que o aumento e a evolução das novas tecnologias tenham proporcionado que o projeto assistido por computador (tecnologias CAD) tenha se convertido em uma importante ferramenta de desenho arquitetônico, a utilização de maquetes físicas continua sendo fundamental no processo de aprendizagem da arquitetura em todo mundo.

Com a conscientização de que os desenhos eletrônicos não substituirão completamente os desenhos e modelos físicos (analógicos), tem ressurgido o interesse pelas maquetes tradicionais. No entanto, com a introdução dos protótipos rápidos, os métodos físicos e digitais de se projetar têm se conciliado e se complementado.

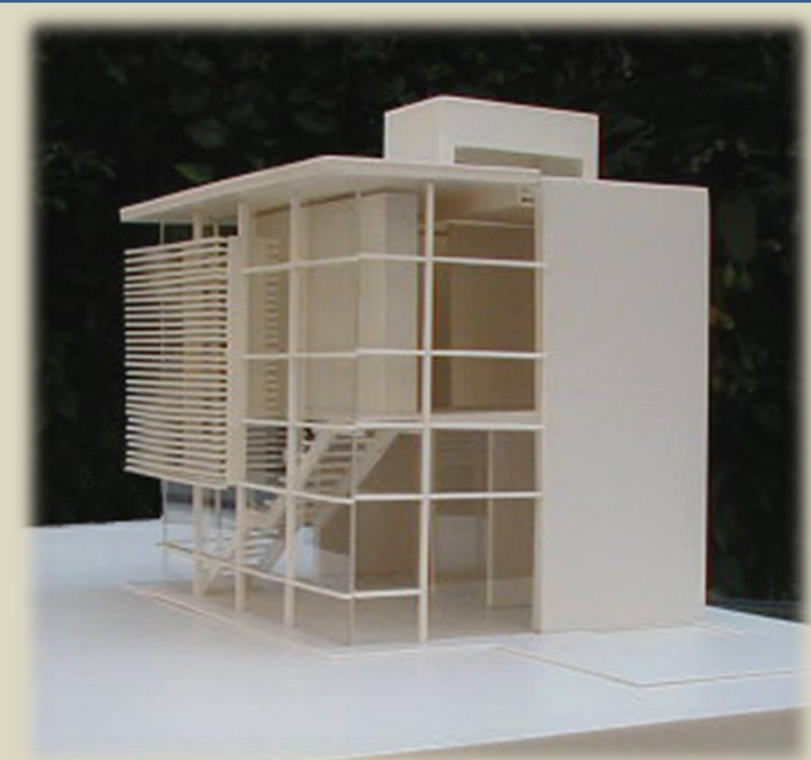


Figura 33: Maquete Residencial

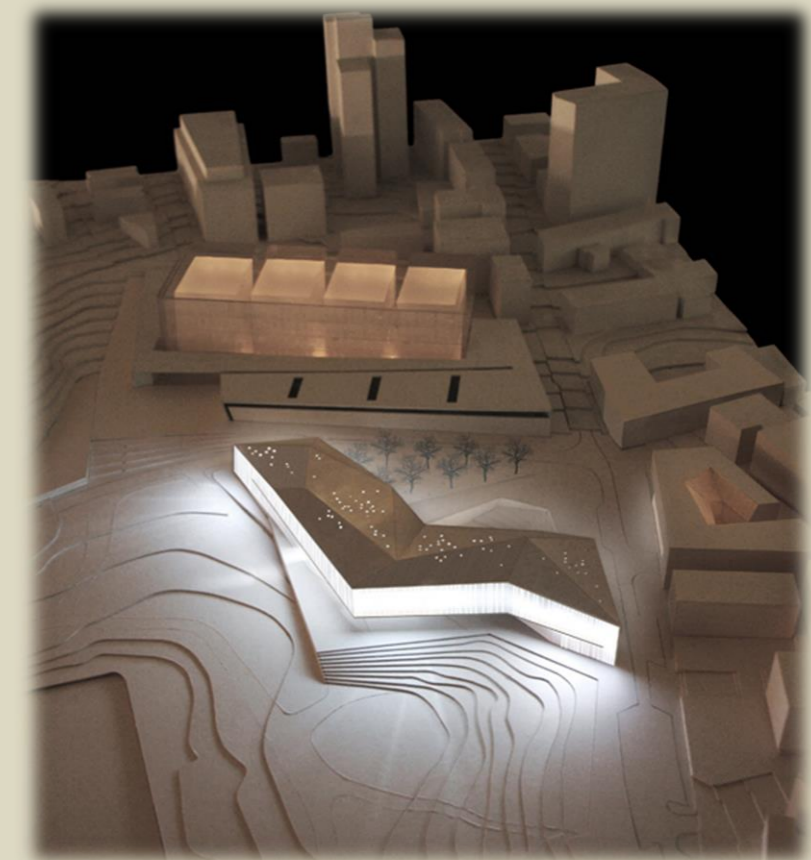


Figura 34: Maquete com entorno

3. DESENHO TÉCNICO:

> CUMPRE AS EXIGÊNCIAS LEGAIS;

- Meio preferencial de representação do projeto arquitetônico a partir do Renascimento, iniciadas nos trabalhos de Brunelleschi e Leonardo Da Vinci. Inicialmente não havia conhecimentos sistematizados na área, o que tornava o desenho livre, sem nenhuma normatização;
- Geometria descritiva de Gaspard Monge (1746–1818) que apresentou um método de representação das superfícies tridimensionais dos objetos sobre a superfície bidimensional do papel. Embasa a técnica de desenho até hoje;
- O desenho arquitetônico é uma especialização do desenho técnico normatizado voltada para a execução e representação de projetos de arquitetura;
- Código para uma linguagem estabelecida entre o desenhista e o leitor do projeto;
- Os desenhos técnicos são baseados em normas, sendo a principal delas a NBR 6492 (origem em 1992 substituindo a NBR 6492 de 1985) – Representação de Projetos de Arquitetura.

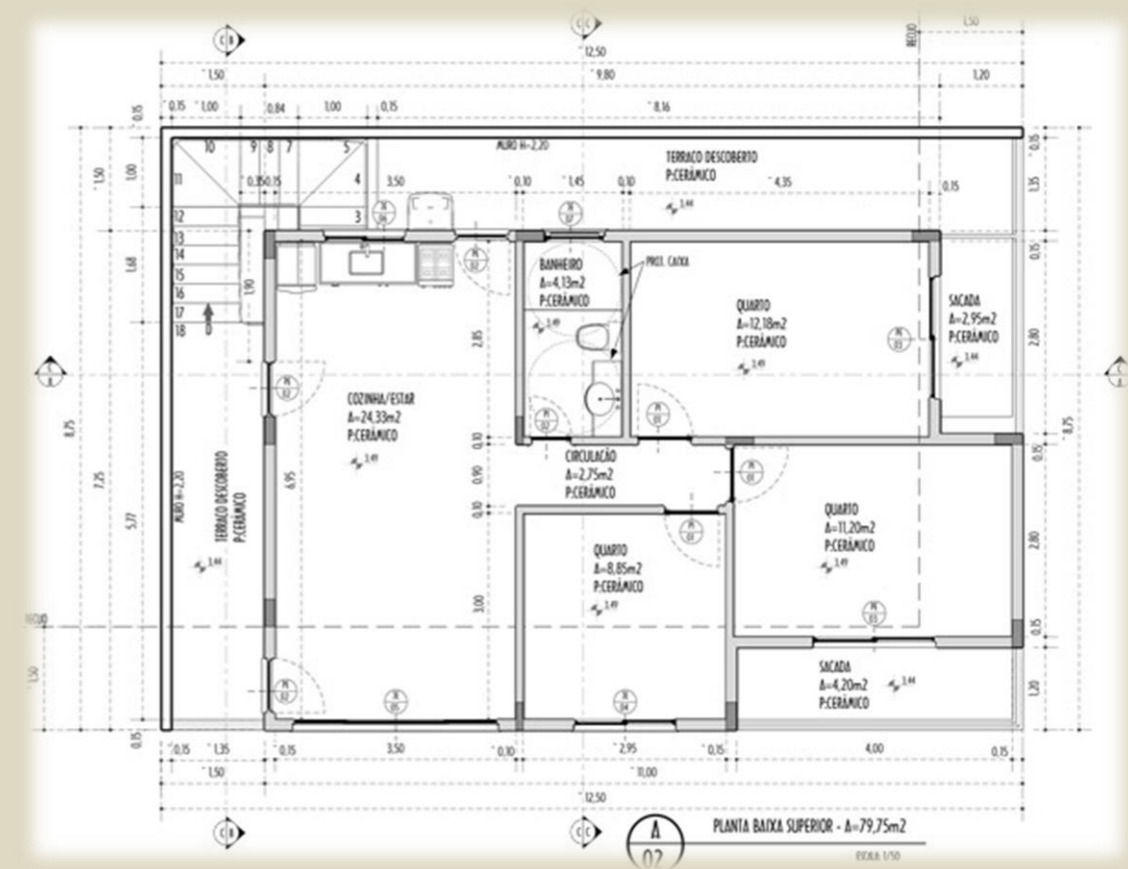


Figura 35: Desenho técnico normatizado

CAD

COMPUTER AIDED DESIGN

CRIATIVIDADE



TÉCNICA



PROJETO

A evolução biológica fez com que desenvolvêssemos a faculdade de imaginar nossas ações futuras e seu resultado sobre o meio externo (...).

Além disso, a espécie humana é dotada de uma habilidade operacional superior a das outras espécies animais.

Talvez a combinação dessas duas características, o dom da manipulação e da imaginação, possa explicar o fato de que quase sempre pensemos com o auxílio de metáforas, de pequenos modelos concretos, muitas vezes de origem técnica." (Lévy, 1993, p.70)

CRIATIVIDADE + TÉCNICA = PROJETO

“O sistema de representação gráfica tem tido, portanto, grande influência no processo de projeção, pois a criatividade e a noção de espaço estão atreladas à capacidade manual de representar (**comunicar**) adequadamente a **ideia**, como também interferem na própria **interação do projetista com o objeto**, "materializado" por meio de **desenhos.**” (REGO, 2001, p11)

TÉCNICA = DESENHO

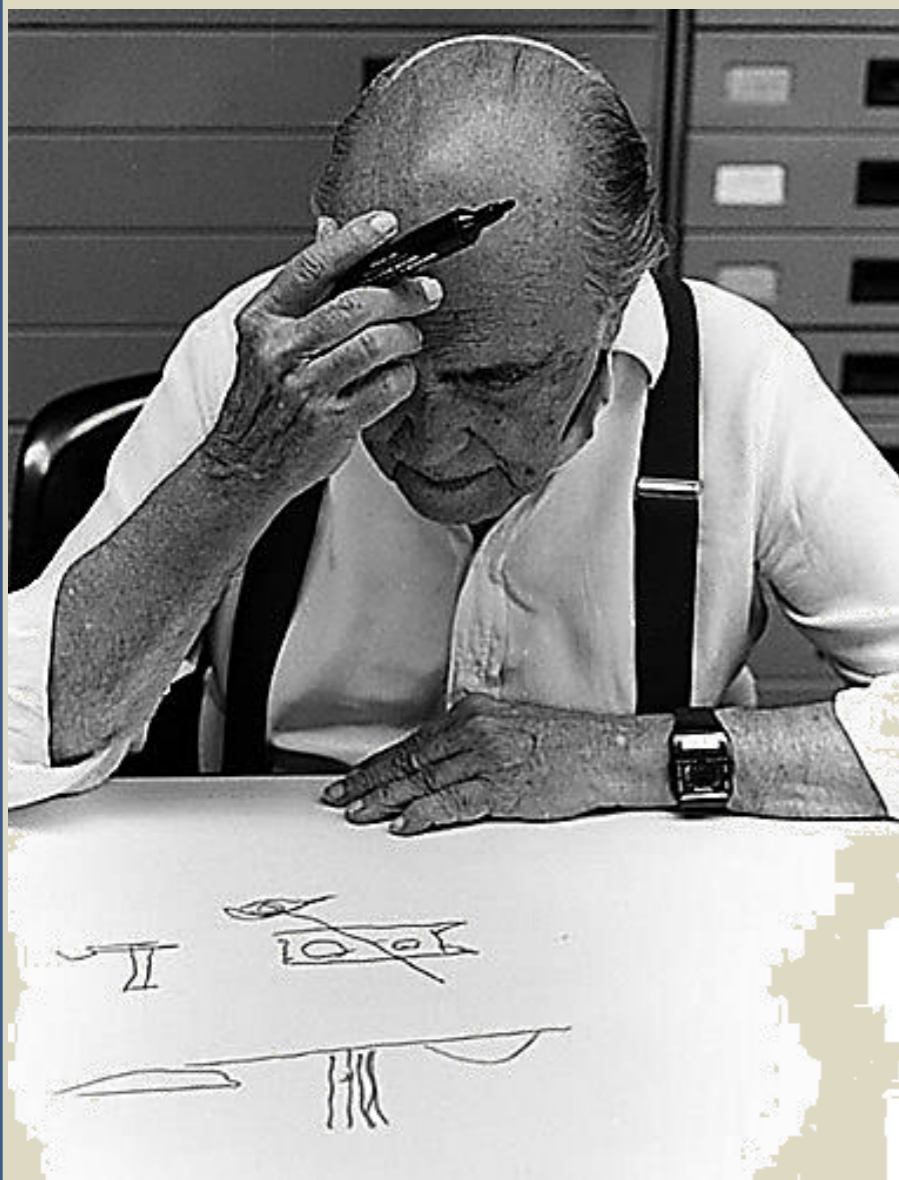


Figura 36: Oscar Niemeyer (1907 – 2012)



Figura 37 e 38: Croqui e Foto Concert Hall Disney – Los Angeles – EUA, 1992 – 2003 Frank Gehry



Figura 39: Sátira dos Simpsons

“È comum neste momento (*Croquis iniciais*) abrir mão de qualquer compromisso com a exeqüibilidade da obra e o traço expressionista solto, afeito a abstrações, nega por vezes as próprias leis da Física, outorgando à forma a simples condição de volume navegante no espaço.”
(NETO, E., 1994, p. 35)

SURGE NA DÉC. 70 – CAD!!!

“O desenvolvimento e utilização de ferramentas computadorizadas de projeto vêm de encontro às necessidades de resolução de problemas intrínsecos ao processo projetual”.
(SPERLING, 2002, p. 02)

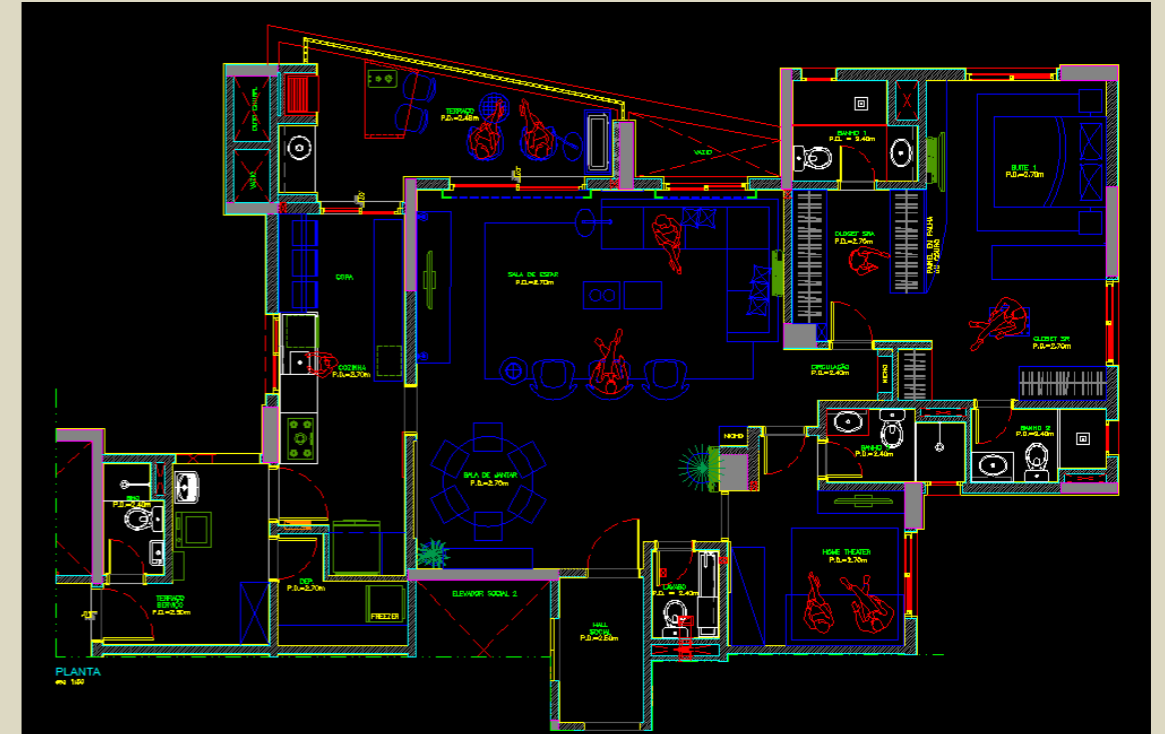


Figura 40 e 41: Da prancheta para o Computador

**SERIA O CAD UMA PRANCHETA DIGITAL?
O QUE É O CAD?**

- **CAD** Computer Aided Design (**desenho auxiliado por computador**) são programas utilizados pela engenharia, geologia, arquitetura, design e disciplinas diversas de Engenharia, para facilitar o projeto e desenho técnicos. Exemplos: AutoCAD (www.autodesk.com) ou Microstation (www.bentley.com).
- **CAE** significa *Computer Aided Engineering* (engenharia auxiliada por computador) sistema para cálculos de engenharia em projetos elaborados via CAD;
- **CAM** significa *Computer Aided Manufacturing* (Fabricação Assistida por Computador) são programas utilizados para fabricação das peças desenhadas em CAD. (MIONI, 2012, P01)



Figura 42: Ilustração CAD

QUEBRA DE PARADIGMAS PROJETUAIS

“...o verdadeiro milagre não é projetar os edifícios... o milagre é conseguir que se construa. Mas não acredito que as pessoas percebam a verdadeira revolução que este edifício representa no setor da construção” (GEHRY, apud, SPERLING, 2002, p. 04)



Figura 43, 44, 45, 46: Maquete, Modelo Virtual , Construção e Foto do Museu Guggenheim, Bilbao, 1992, Frank Gehry.

ENGENHARIA REVERSA

1. ESCANER 3D DO MODELO FÍSICO
2. PROCESSAMENTO PROJETO PELO CAD “CATIA” (indústria aeroespacial francesa)
3. ALIADOS AO CATIA FOI UTILIZADO BOCAD (ESTRUTURAL) E AIS (PEÇAS CURVAS)

QUEBRA DE PARADIGMAS PROJETUAIS

- Projeto a partir da maquete virtual;
- Partido: Duas Bolhas;
- Alusão ao hidrogênio como energia renovável;
- CAD Alias WaveFront

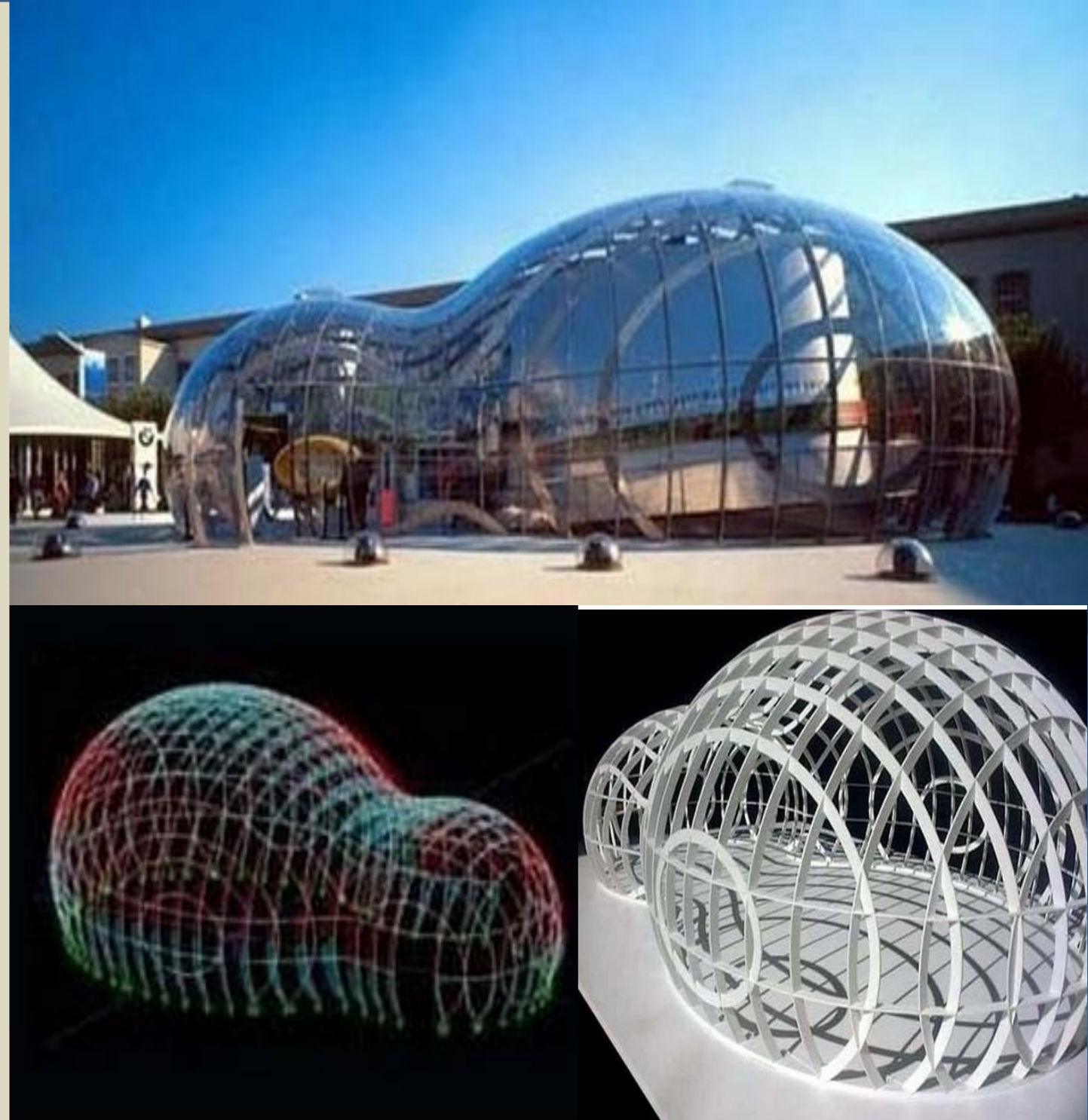


Figura 47, 48, 49: The Bubble. pavilhão da BMW em exposições na Alemanha 1999/2000 Foto e Modelo estrutural. Arquiteto Bernhard Franken.

FERRAMENTAS DE AUXÍLIO AO ESBOÇO

Google sketchup

- Modelagem 3D;
- Intuitivo;
- Possibilidade de rápidos estudos volumétricos;
- integração com o Google Earth e biblioteca 3D Warehouse;
- Produz imagens e vídeos.

Google
SketchUp PRO



Figura 50 e 51: Imagens Google Sketchup.

FERRAMENTAS DE AUXÍLIO IMAGEM

- Studio Render;
- Studio MAX;
- VectorWorks;
- V-Ray;
- Podium;
- Kerkythea.



Figura 52 e 53: Imagens renderizadas

FERRAMENTAS DE AUXÍLIO A APRESENTAÇÃO



Realidade Aumentada é um ambiente que envolve tanto realidade virtual como elementos do mundo real, criando um ambiente misto em tempo real.



Figura 54, 55, 56: Código e imagens de Realidade

BIM

(Building Information Modeling)

BIM

(Building Information Modeling)

Modelagem da Informação da Construção

O QUE É BIM?

Uma mudança de paradigma

Pode ser dita como **modelagem 3D paramétrica**, que engloba as relações espaciais, informações geográficas, as quantidades e as propriedades construtivas de componentes

ANTES

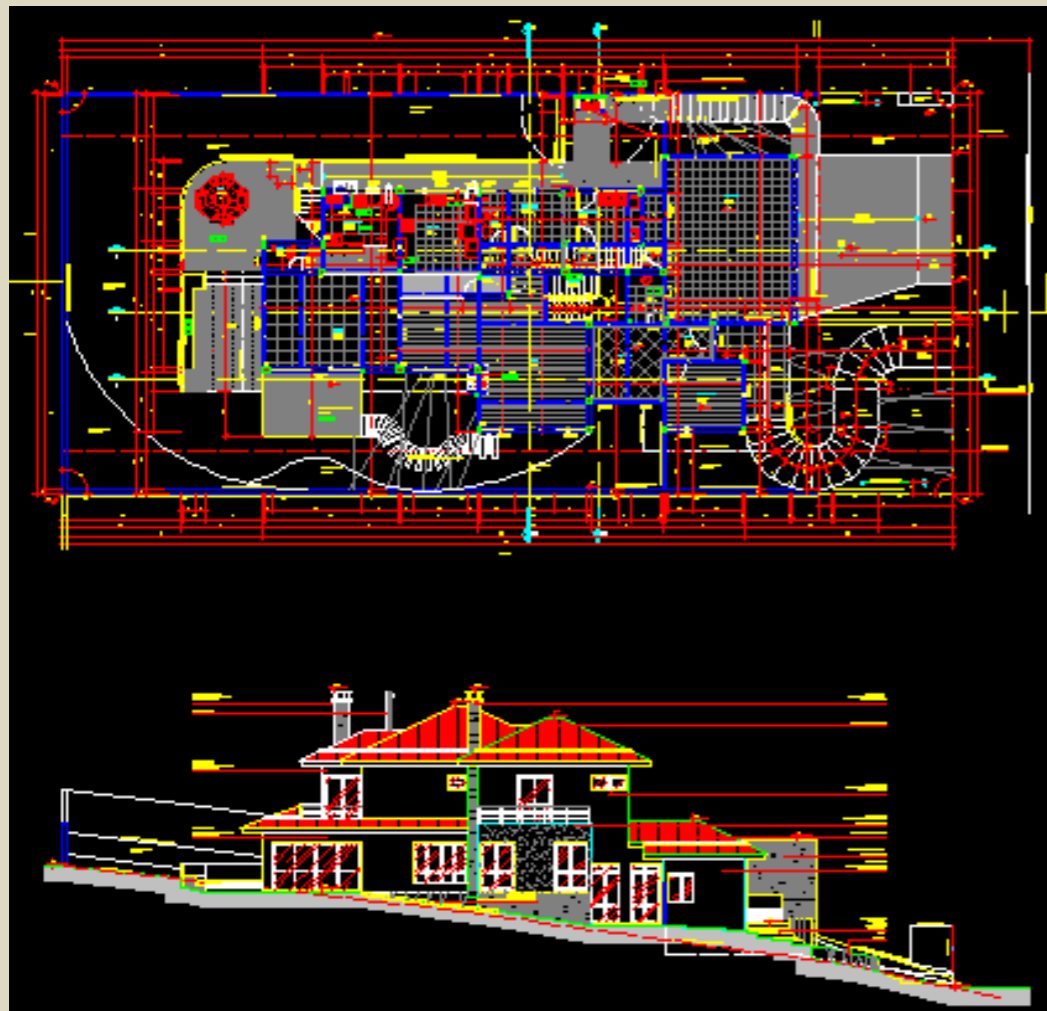


DÉCADA DE 80: CAD

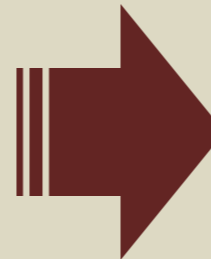
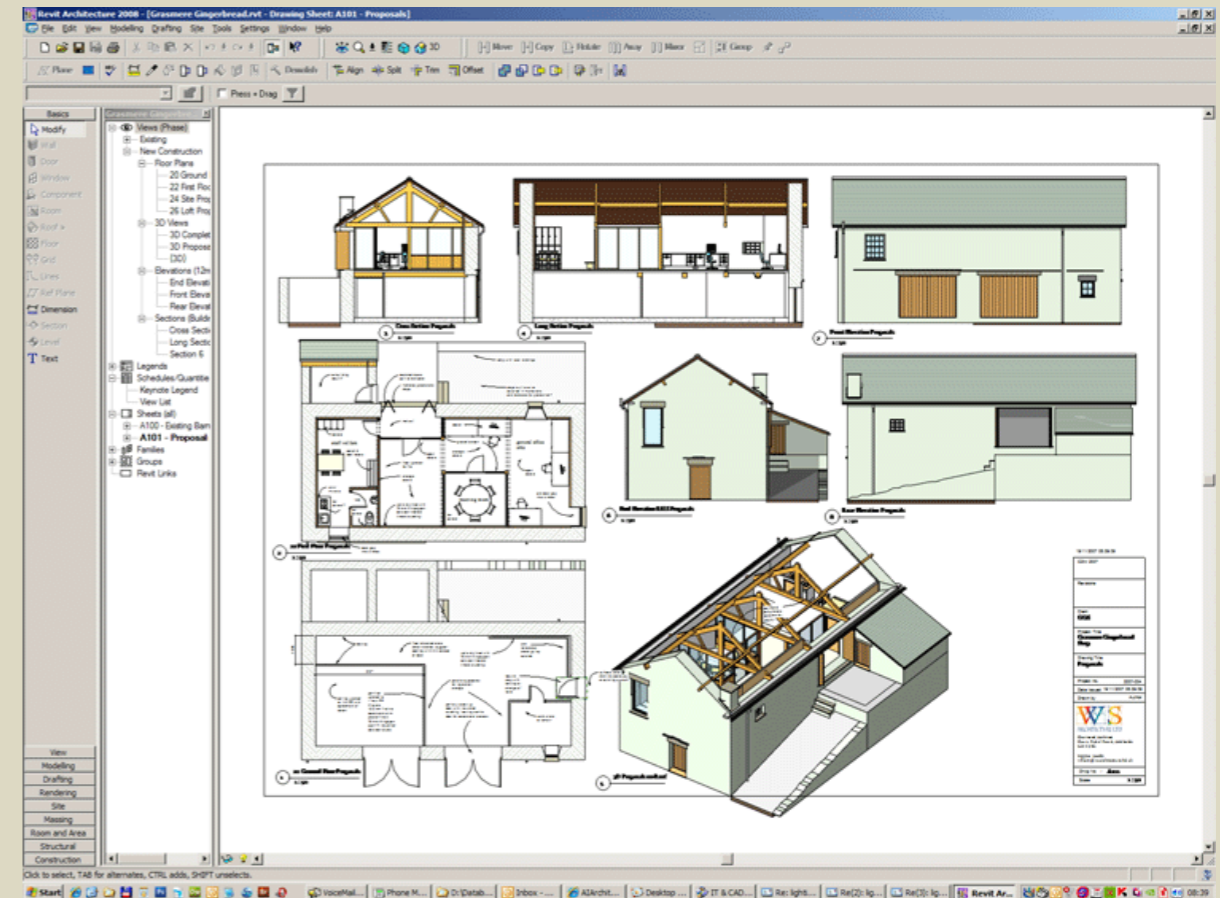


Figuras 57 e 58: BIM, uma mudança de paradigma Linha evolutiva

DÉCADA DE 80: CAD



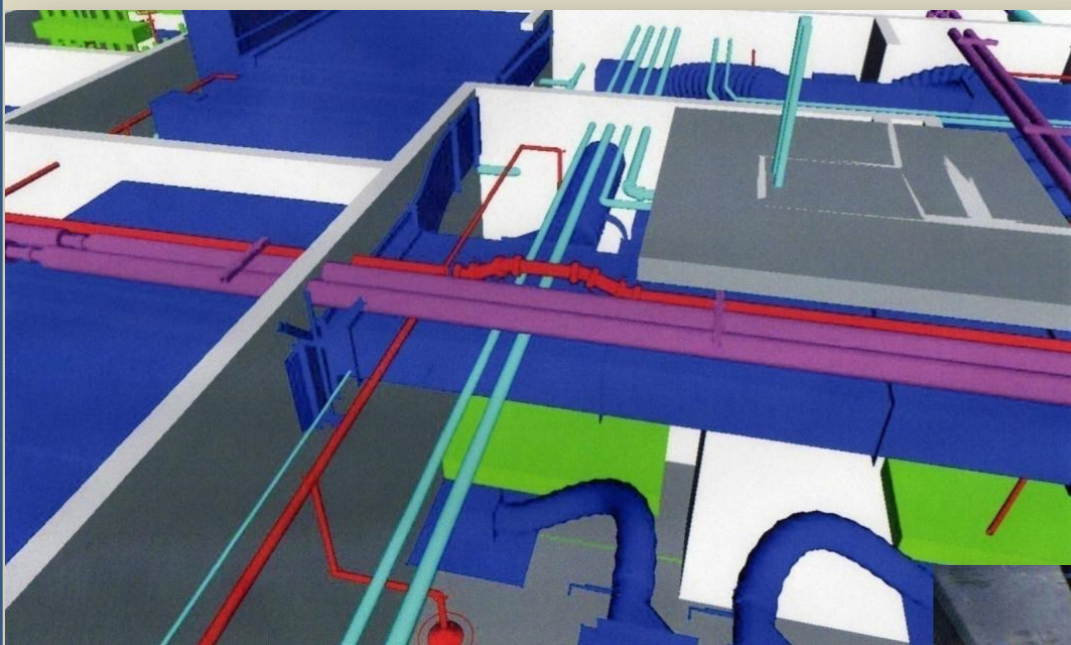
HoJE: BIM



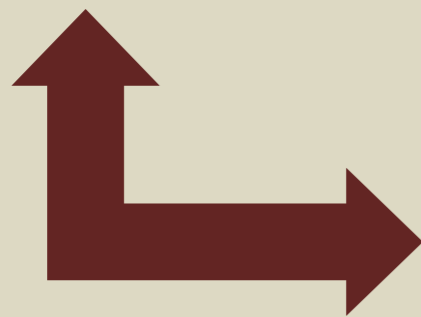
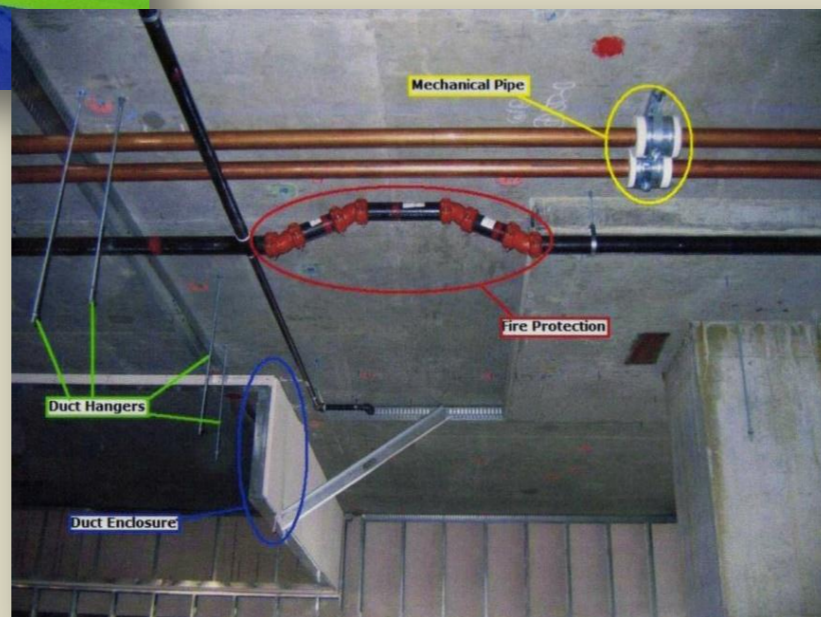
Figuras 59 e 60: BIM, uma mudança de paradigma. Linha evolutiva

BIM, UMA MUDANÇA DE PARADIGMA COMPATIBILIZAÇÃO

PROJETO COMPATIBILIZADO

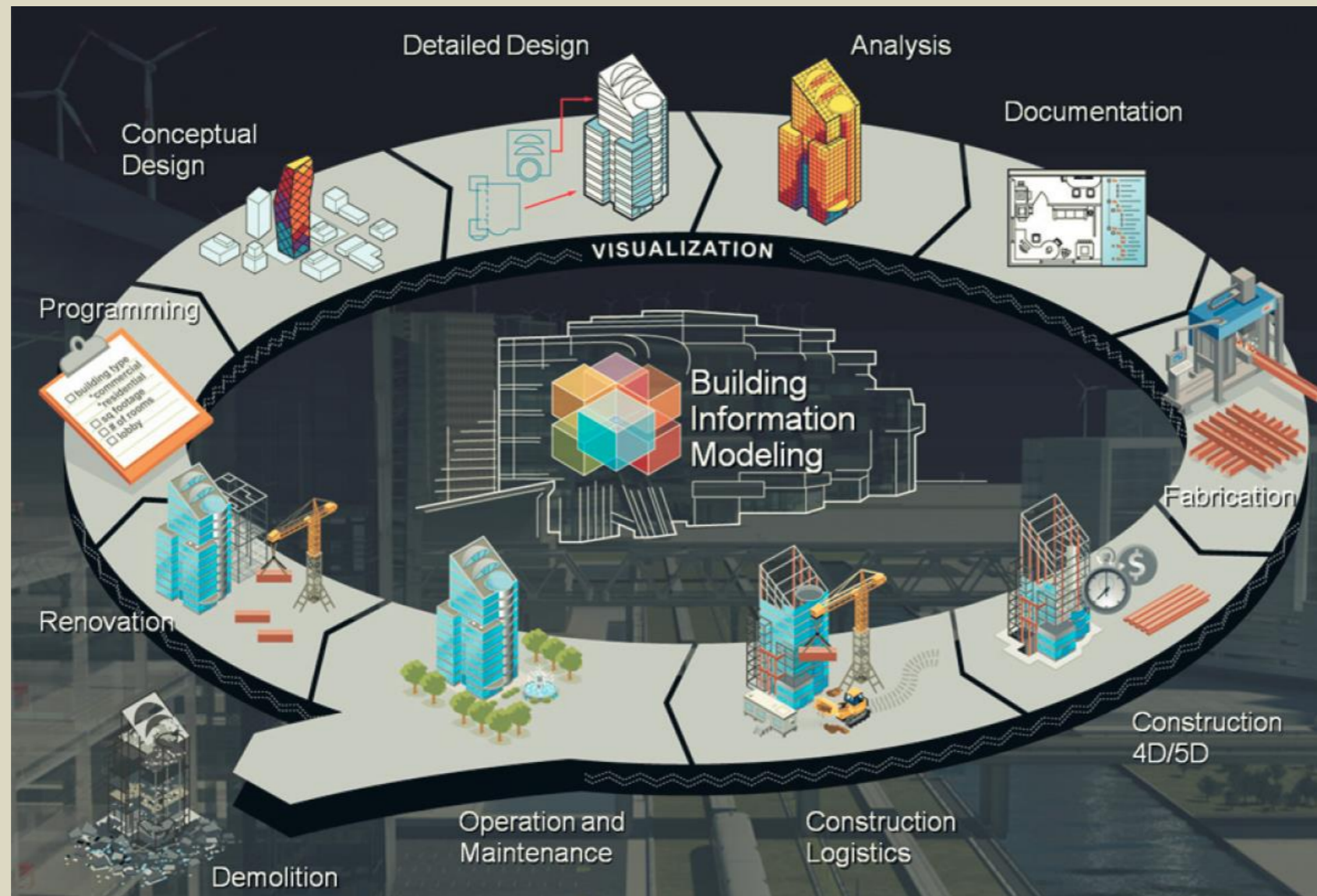


OBRA EXECUTADA



Figuras 61, 62 e 63: Penn State University, Construction LAB

BIM pode representar todo o ciclo de vida da construção, incluindo os processos construtivos e fases de instalação. Deve ser entendida como um **processo** e não como apenas uma ferramenta de desenho



- MODELO PARAMÉTRICO
- DIMENSÕES DO PROJETO
- ANÁLISE DO MODELO
- EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
- GERENCIAMENTO DE CUSTOS

Figura 64: Esquema da utilização da plataforma de BIM na cadeia produtiva da construção civil

PARTES ENVOLVIDAS

- Mercado;
- Construção Civil (Construtoras / Incorporadoras / Escritórios e Arquitetura e Engenharia);
- Entidades de Classe e Instituições de Ensino;
- Indústrias do Setor



Figura 65: Partes envolvidos no processo BIM

QUEM SÃO OS ENVOLVIDOS ?

Mercado • Governo

Petrobrás

- Em edital, Petrobrás exigiu que o projeto executivo de arquitetura, estruturas, instalações prediais e fundações fossem modelados em BIM.

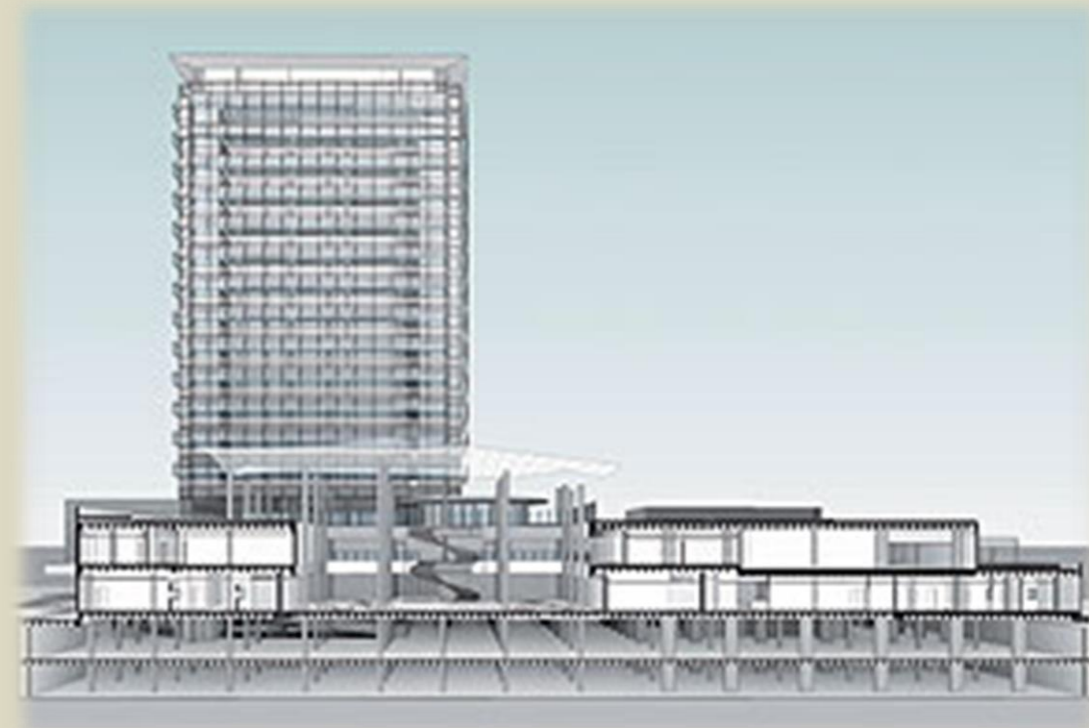
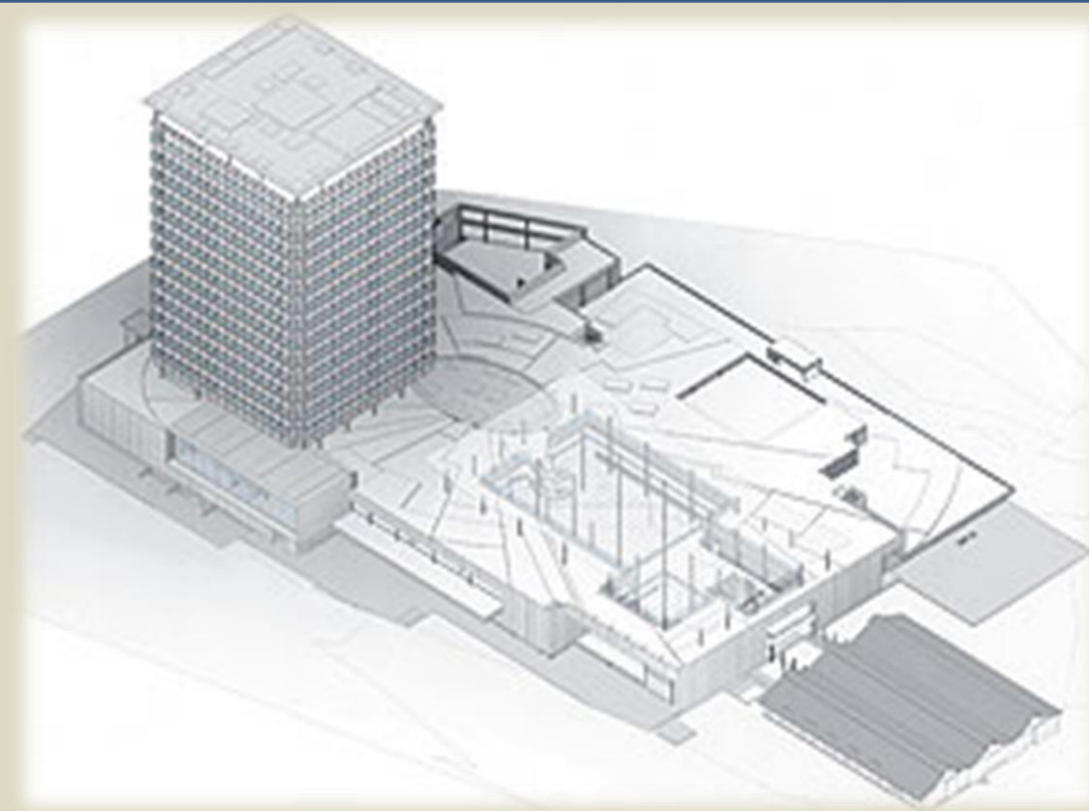


Figura 66 e 67: Petrobras: edital de projeto fez exigência de uso da tecnologia BIM Projeto Executivo: Contier Arquitetura

QUEM SÃO OS ENVOLVIDOS ?

Construtoras/ Incorporadoras

Matec Engenharia

- Assume elaboração de projetos tridimensionais para antecipar incompatibilidades e desvios, e evitar atrasos nas obras;
- Economiza 30% do custo de instalações por identificar erros.

Método

- Empresa trabalha com BIM desde 2008.

Gafisa

- Empresa testa tecnologia BIM em cinco empreendimentos.

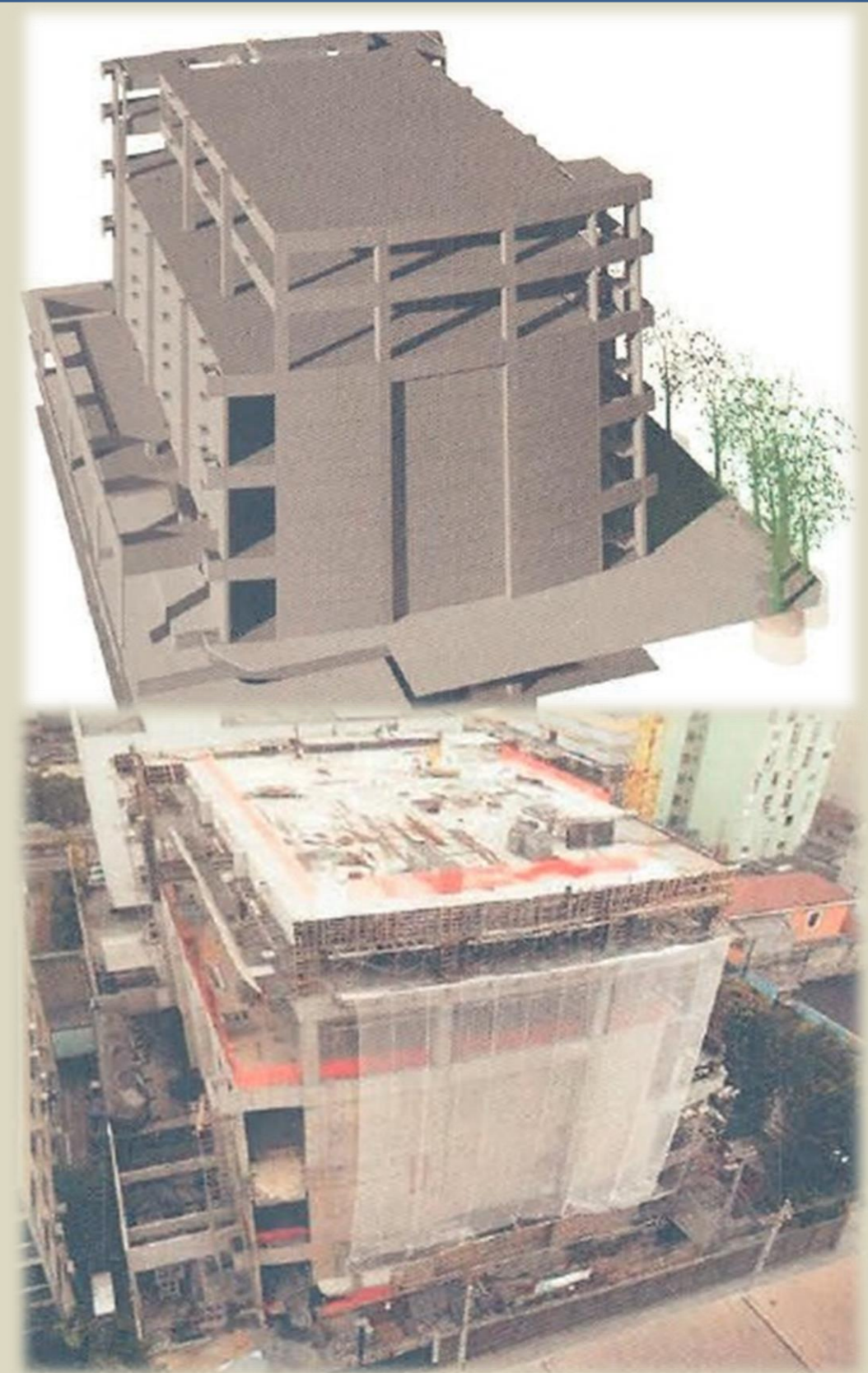


Figura 68 e 69: Matec Engenharia: economia na obra com o emprego de BIM

QUEM SÃO OS ENVOLVIDOS ?

Escritórios de Arquitetura e Engenharia

Aflalo e Gasperini

- Iniciou o processo de migração para o BIM em 2005 sem se preocupar se as outras etapas da construção estavam adaptadas à plataforma para iniciar a mudança.

Contier

- Empresa trabalha com BIM desde 2008. Responsável por projeto executivo licitado pela Petrobrás que exigiu o uso da tecnologia BIM.

QUEM SÃO OS ENVOLVIDOS ?

Instituições de Ensino

- Pode-se dizer que o assunto não faz parte do curriculum obrigatório de nenhuma instituição de ensino da Capital;
- Alguns cursos têm previsão para implantação de disciplinas optativas de treinamento em software BIM (UFPR, PUC PR);
- Alguns Cursos oferecem disciplinas de treinamento em CAD;
- UFPR, Design mantém um laboratório de software BIM;
- UFPR, CESEC grupo de pesquisa aborda o tema;
- UP, Arquitetura e Urbanismo realiza Cursos de extensão de treinamento em software BIM;
- Formação de recursos humanos devidamente familiarizados com os novos paradigmas que o BIM pressupõe é essencial e urgente.

QUEM SÃO OS ENVOLVIDOS ?

Entidades de Classe

ASBEA;
SINDUSCON;
CREA;
CAU;
SINDARQ;
IAB;
entre outras.



Figura 70: Logotipos de algumas entidades de classe.

NORMATIZAÇÃO

ABNT NBR 15965 – Sistema de Classificação de Informação.

Principais colaboradores envolvidos no desenvolvimento:

**ABCIC ABCP ABECE ASBEA-SP CBCA FIESP INPI IAB-DN MDIC
SINDUSCON-SP GERDAU MÉTODO ENGENHARIA DRY-WALL USP SENAI-DN
PINI CAIXA SABESP UFF UFSCAR UNICAMP MACKENZIE.**

A nova norma visa como resultado:

- **DESENVOLVER** parâmetros e terminologias unificados e aplicados por todos os envolvidos na indústria AEC;
- **AMPLIAR** a cooperação e comunicação entre os agentes da cadeia produtiva sob aspectos padronizados;
- **FACILITAR** a interoperabilidade entre os diversos sistemas de dados;
- **AUMENTAR** a produtividade e qualidade dos serviços listados;
- **PROMOVER** maior facilidade na gestão e operação da logística da construção.

O QUE MUDA?

- ORÇAMENTISTAS: menos levantamento, mais estratégia;
- FORNECEDORES: catálogos em 3D com muitas informações;
- COMPRADORES: maior controle na gestão de suprimentos;
- VENDEDORES: mais persuasão e informação;
- CONSTRUTORAS: mais eficiência, menos improvisado;
- INCORPORADORAS: integração das equipes;
- PROJETISTAS: integração de projetos exigirá maior detalhamento;
- ARQUITETOS: muda a forma de pensar o projeto.

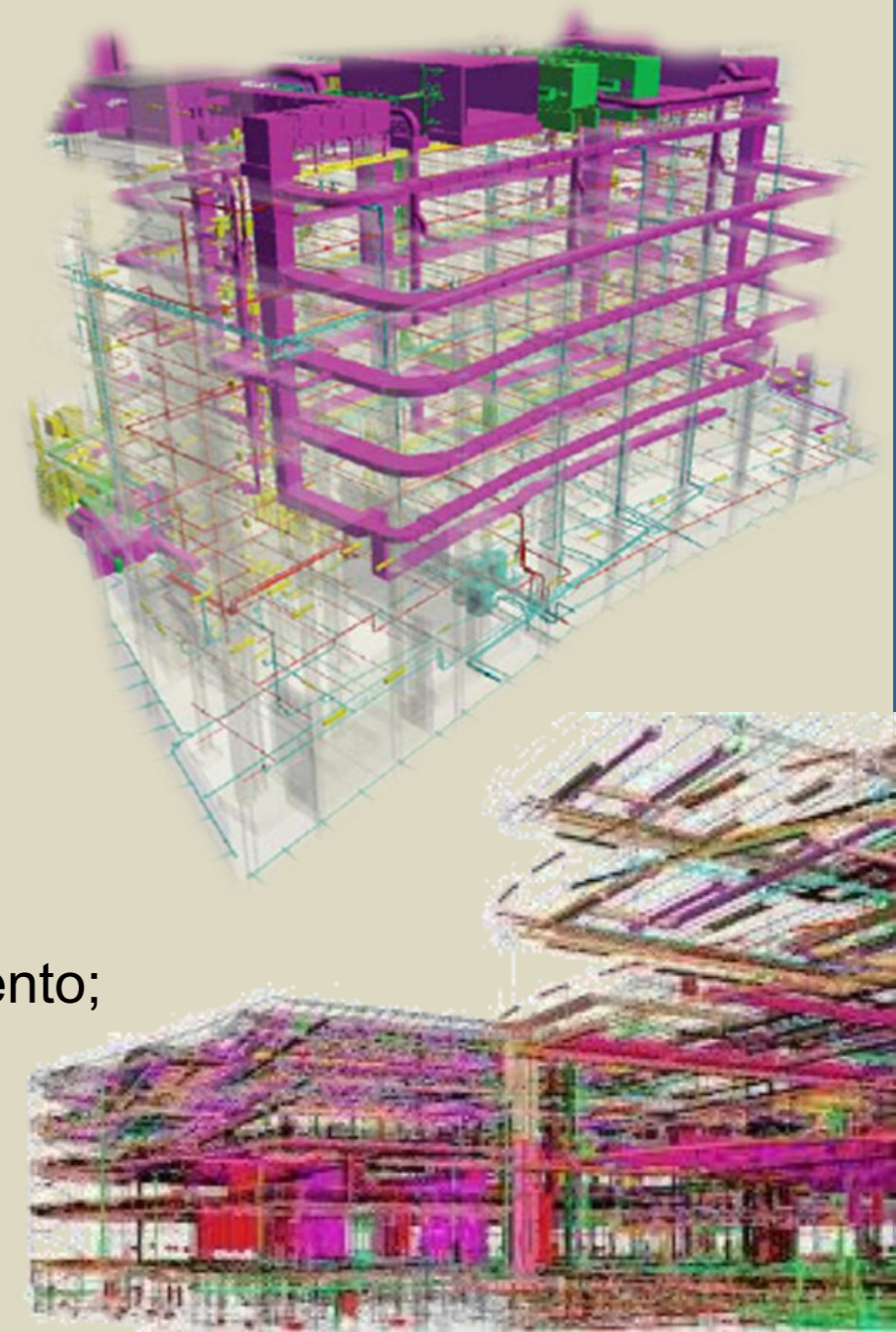


Figura 71e 72: Projetos utilizando sistema BIM

FERRAMENTAS DISPONÍVEIS

Comparativo entre softwares

ARCHICAD;

BENTLEY;

REVIT;

VECTORWORKS.

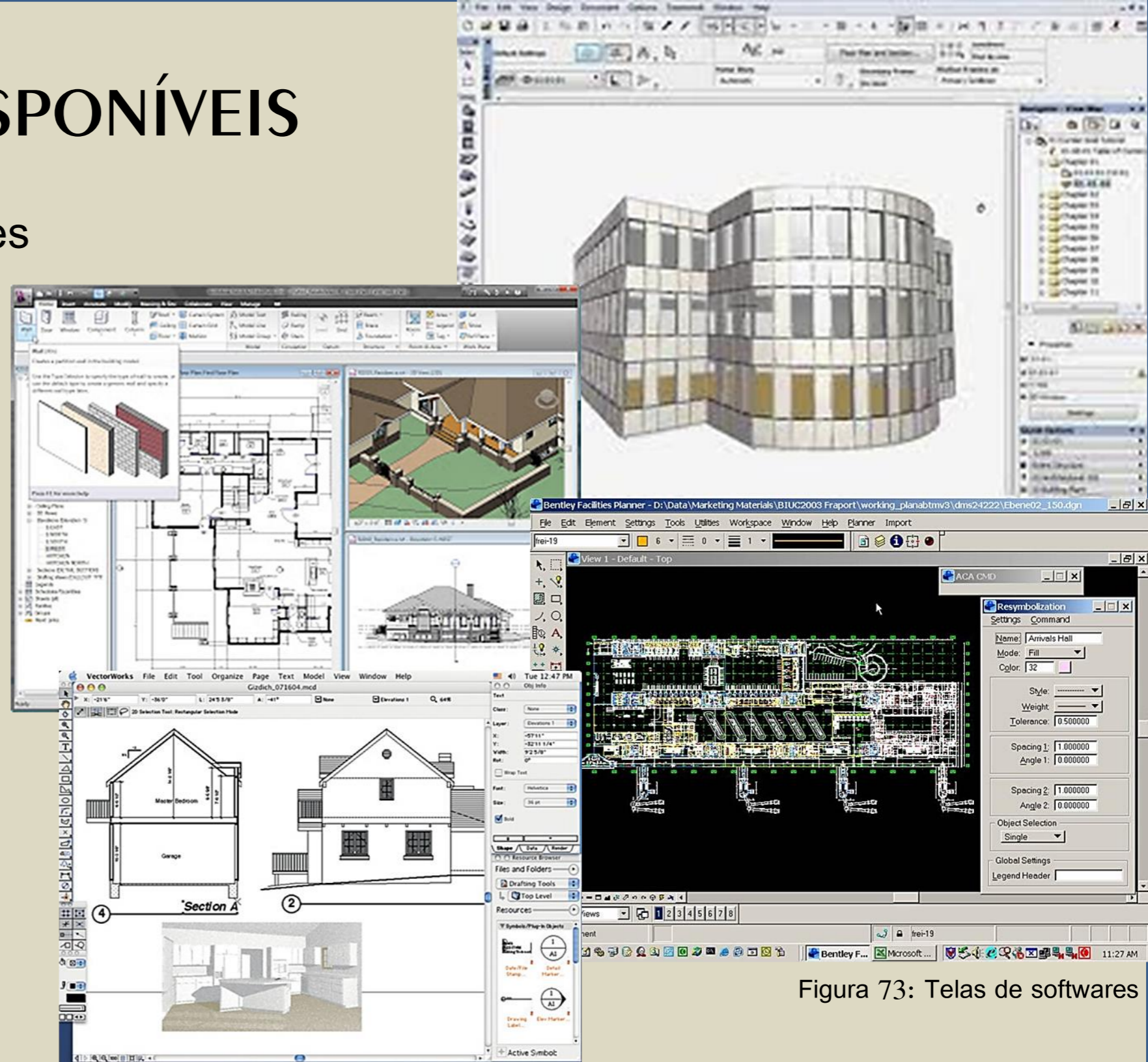


Figura 73: Telas de softwares

FABRICAÇÃO DIGITAL E PROTOTIPAGEM RÁPIDA

FABRICAÇÃO DIGITAL E PROTOTIPAGEM RÁPIDA

“Não há dúvidas de que a tecnologia digital tem alterado a maneira de se produzir Arquitetura.

Os arquitetos utilizam *softwares* na criação de formas complexas, que contém inúmeras informações projetuais, e ainda utilizam essas informações na fabricação de maquetes físicas ou diretamente na fabricação de elementos construtivos.” (PUPO E CELANI, 2011, p. 470)

Ainda segundo Pupo e Celani (2011), a representação tridimensional e o modelo físico proporcionam um maior êxito na comunicação entre projeto, fabricação e construção, estabelecendo proporcionalidades, perspectivas e funcionalidades inerentes ao projeto, que talvez não pudessem ser evidenciadas em uma representação bidimensional.

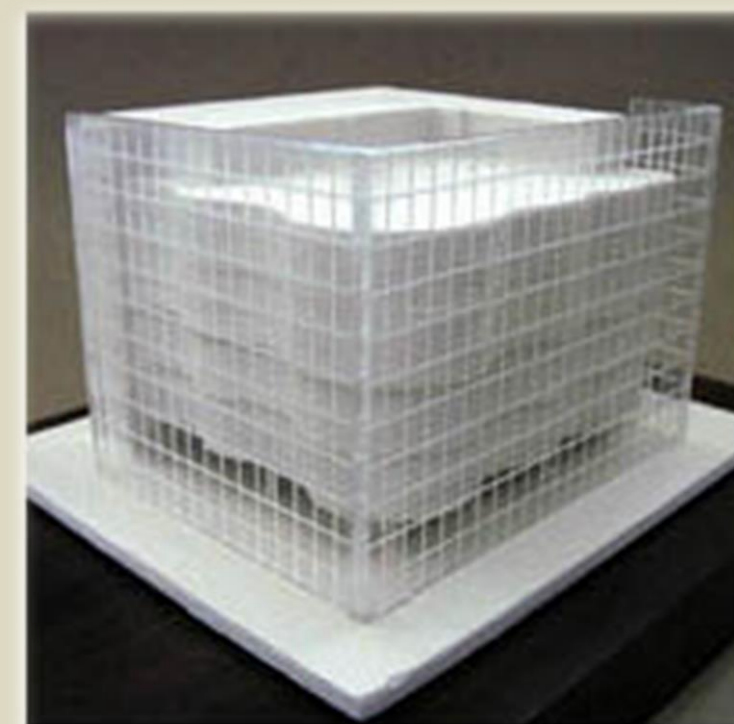


Figura 74 e 75: Maquetes produzidas em cortadora a laser e em impressora 3D.



Figura76: Campos de utilização de prototipagem digital e fabricação digital.

A prototipagem rápida (ou digital) se refere às técnicas com sobreposição de camadas para fabricação de modelos reduzidos ou protótipos 1:1 e a fabricação digital se refere à técnicas destinadas à produção de fôrmas ou peças finais de edifícios.



Segundo Sass e Oxman (2006), o termo *digital design* (projeto digital) tem sido frequentemente **associado à representação e manipulação de formas e espaços complexos**, mas diferentemente de projetos elaborados em papel, a ideia de processos de projetos digitais integrados sugere que **todo o processo tenha sido exclusivamente elaborado em ambiente computacional**, portanto é necessário identificar onde se insere a prototipagem digital ao longo do processo.


Figura 77: Stack Pavilion Produzido por CNC.
FreelandBuck Architecture, London, 2011.

PROTOTIPAGEM RÁPIDA

Nome dado às tecnologias correlatas usadas para fabricar objetos físicos diretamente de um arquivo digital tridimensional produzido em CAD.

Métodos desenvolvidos originalmente para a produção rápida de modelos prototipados.

O processo se resume a quatro etapas variando tempos de impressão:

- 
1. Desenho no CAD;
 2. Planejamento da Impressão 3D;
 3. Fabricação;
 4. Acabamento.

Segundo Pupo e Celani (2011), muitos protótipos podem ser considerados modeladores conceituais, destinando-se a análises em túneis de vento, estudos de iluminação e identificação de erros de *design*.

Wohlers (2008) faz analogia que, se o modelo físico é o ápice da representação arquitetônica, o modelador conceitual pode ser comparado a um rápido croqui num guardanapo.



Figura 78: Experimento de circulação de ar no interior de maquete de seção de um edifício hospitalar de Lelé, produzida em impressora 3D.

CORTE A LASER

Corte automatizado de placas de diversos materiais, dentre eles a madeira, o acrílico, o papelão e a cortiça, com alta precisão e velocidade e são empilhados manualmente para formar o modelo ou protótipo.

O processo pode ser inicializado por desenhos bidimensionais. Neste processo há a necessidade de montagem do produto para finalizar o processo.

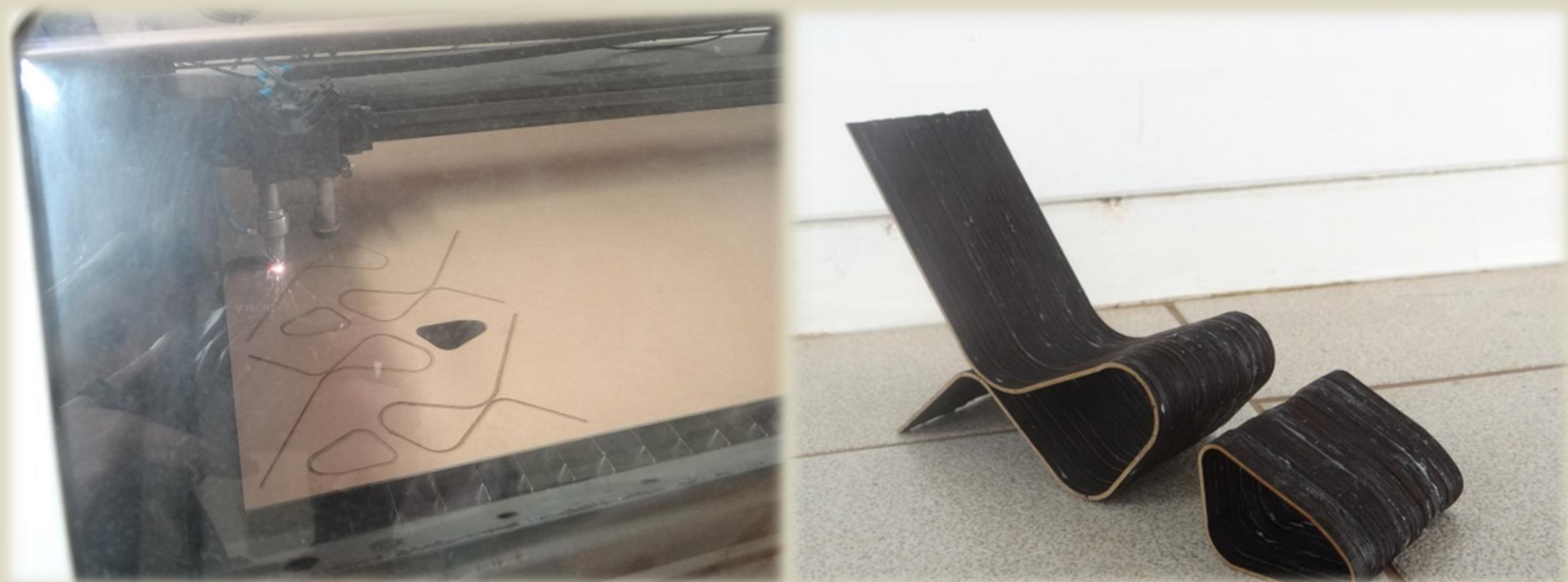


Figura 79 e 80: Corte a laser e protótipo de cadeira fabricada para a disciplina de Prototipagem Rápida da Pós-Graduação em Arquitetura e Sustentabilidade da Unochapecó.

CNC MILLING – MÁQUINAS DE CONTROLE NUMÉRICO

- Produção com métodos subtrativos automatizados, as fresas desbastam blocos ou cortam chapas de material.
- Tem com um dos objetivos a avaliação do projeto podendo testar a funcionalidade, efetuar testes de conforto ambiental, e até testes ergonômicos pelos tamanhos de máquinas disponíveis no mercado.
- Este processo é chamado de fabricação digital onde o modelo digital 3D se comunica diretamente com as máquinas de corte programáveis.
- É executado por dois passos:
 - Analisando as informações estruturais para todas as partes do projeto com a utilização de *software* CAM (Computer Aided Manufacturing);
 - Traduzindo toda a informação para a máquina CNC.



Figura 81 e 82: Produção de Residências por CNC

BIBLIOGRAFIA

ASBEA PR. Grupo de Estudos GT-BIM. Diretora Clarisse Petrosky

BRAIDA, Frederico ; COLCHETE FILHO, Antonio e MAYA-MONTEIRO, Patricia. *Inovações tecnológicas na Arquitetura e no Urbanismo: desafios para a prática projetual*. IN 12o Congresso da Associação Portuguesa para o Desenvolvimento das Regiões “Recursos – Ordenamento – Desenvolvimento”. Disponível em: http://www.ufjf.br/frederico_braida/files/2011/02/2006_Inova%C3%A7%C3%B5es-tecnol%C3%B3gicas-na-Arquitetura.pdf. Acesso em 16/07/2013.

CATTANI, Airton. *Arquitetura e representação gráfica: considerações históricas e aspectos práticos*. Contido em: Arqtexto. n.9 (2006), p. 110-123. Disponível em: http://www.ufrgs.br/propar/publicacoes/ARQtextos/PDFs_revista_9/9_Airton%20Cattani.pdf. Acesso em 16/07/2013.

CHING, Francis K. *A visual dictionary of Architecture*. Ed. John Willey&Sons, Estados Unidos ,1995.

Desenho Técnico disponível em: <http://www.slideshare.net/EduardoStogmler/desenho-arquitetnico-introduo-conceitos-de-projetos>. Acesso em 15 de julho de 2013.

DUNN, Nick. **Introducción: Maquetas de arquitectura: médios, tipos e aplicación**. Barcelona: Blume, 2010. p.14-20.

DURAND, Jean-Pierre. *La représentation du projet*. Paris, Éditions de la Villette, 2003.

GOUVEIA, Anna Paula Silva. **O croqui do arquiteto e o ensino do desenho**. Tese de Doutorado FAU-USP, São Paulo, 1998.

GREGOTTI, Vittorio. **Território da Arquitetura**. São Paulo: Perspectiva, 1994.

HENRIQUES, Gonçalo Castro & ESTEVES, Luis Pedro . Artigo – **Novos processos de construção em arquitetura**. Arqtextos 060.03, maio 2005. site: www.vitruvius.com.br/arqtextos/arq060/arq060_03.asp Acesado em 17 de julho de 2013

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.; MOREIRA, Daniel de Carvalho; PETRECHE, João R. D.; FABRICIO, Márcio M. (orgs.). **O Processo de Projeto em Arquitetura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LAWSON, B. *How designers think – the design process demystified*. 3. ed. rev. e amp. Oxford: Architectural Press / Butterworth-Heinemann, 1997. 316p.

LOS, Sérgio. Prefácio In: MASSIRONI, Manfredo. Ver pelo desenho. São Paulo: Martins Fontes, s/d

MACHADO, Silvana R. B., **A Contribuição Da Tecnologia Na Representação Dos Projetos De Geometrias Complexas**. artigo in Grapica, Curitiba, Paraná, Brasil, 200

MENDES da ROCHA, Paulo. Palestra realizada pelo arquiteto na FAU USP, Pós-Graduação, 16 de maio de 1995.

MILLS, Criss B. História das maquetes. *Projetando com Maquetes: um guia para a construção e o uso de maquetes como ferramenta de projeto*. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. p.VI.

MIONI, Rodrigo, **Você sabe o que é CAD / CAE / CAM** fevereiro 10, 2012 disponível em <http://sistemasdeengenharia.com.br/2012/02/voce-sabe-o-que-e-cad-cae-cam/>Acessado em 17 de Julho de 2013

NETO, Euclides Guimarães. **Desenho de Arquiteto**. Belo Horizonte: Editora AP Cultural,1994. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Departamento de Arquitetura e Urbanismo

BIBLIOGRAFIA

- PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio. **A modelagem tridimensional informatizada: um instrumento de ensino de projeções ortogonais em arquitetura.** Florianópolis, 2001. 121p. Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.
- REGO, Rejane M, **As naturezas cognitiva e criativa da projeção em arquitetura: reflexões sobre o papel mediador das tecnologias.** Revista Escola Minas v.54 n.1 Ouro Preto jan./mar. 2001, disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672001000100006> acessado em 17/07/2013
- Revista Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, n. 208, jul 2011
- Revista Infraestrutura Urbana, São Paulo, n.26, jan 2013
- Revista Construção e Mercado, São Paulo, n.115, fev 2011
- SPERLING, D. M. . **O Projeto Arquitetônico, novas tecnologias de Informação e o Museu Guggenheim de Bilbao.** In: Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2002, Porto Alegre. Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2002
- SASS, Larry; OXMAN, Rivka. **Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital design.** Design studies, v.27, 2006.
- SHIMOMURA, Alessandra Prata; FROTA, Anesia Barros; CELANI, Gabriela. **Physical Models in the Analysis of Urban Ventilation: the Use of the Wind Tunnel.** FÓRUM – Clima Urbano e Planejamento das Cidades ; vol. 3, no. 2 (2010).
Universidade Federal do Paraná. Departamentos de Design, Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil.
- VELOSO, Maisa e MARQUES, Sônia. *A pesquisa como elo entre prática e teoria do projeto: alguns caminhos possíveis.* Disponível em <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.088/211> Acesso em 16/07/2013.
- WOHLERS, Terry. **Wohlers Report 2008.** Fort Collins, Colorado: Wohlers Associates, 2008.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Representações gráficas. Fonte: CHING, 1995.

Figura 02: Representação arquitetônica na Mesopotâmia, cerca de 2.450 a.C. Fonte: Cattani, 2006.

Figura 03: Vitruvius mostrando o "*De Architectura*" a Augusto. Autor: Sebastian Le Clerc, 1684. Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Vitruvius.jpg>. Acesso em 16/07/2013.

Figura 04 e 05: Imagens do livro *De Architectura*. Autor: Vitruvius, séc I a.C. Fonte: <http://exhibits.slpl.org/steedman/data/Steedman240088149.asp?thread=240093366>. Acesso em 17/07/2013.

Figura 06: Técnica de perspectiva de Brunelleschi. Fonte: < <http://maitaly.wordpress.com/2011/04/28/brunelleschi-and-the-re-discovery-of-linear-perspective/>>. Acesso em 17/07/2013.

Figura 07: Técnica de perspectiva de Alberti publicada no livro *De pictura* em 1436. Fonte: <http://gallery.cabri.com/en/persp.html>. > Acesso em 17/07/2013.

Figura 08: Leonardo da Vinci (1452-1519) Autor: Leonardo da Vinci. Fonte:< http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Leonardo_self.jpg> . Acesso em 17/7/2013.

Figura 09 e 10: Projetos e detalhes de construções. Autor: Leonardo da Vinci. Fonte: <http://davinciprojetoseobras.blogspot.com.br/2011/08/arquitetura-de-leonardo-da-vinci.html> . Acesso em 17/07/2013.

Figura 11: Gaspard Monge. Fonte: <http://www.perdiamateria.eng.br/nomes/Monge.htm>. Acesso em 17/07/2013.

Figura 12: Representação de técnica de geometria descritiva. Fonte: <http://www.perdiamateria.eng.br/nomes/Monge.htm>. Acesso em 17/07/2013.

Figura 13: Representação de um Arquiteto em sua prancheta. Fonte: < <http://portaldoarquiteto.sitepx.com/>> . Acesso em 17/07/2013.

Figura 14: Desenho Rupestre. Fonte: http1.bp.blogspot.com-DYulDBjWGIYUDJ0HC5A8pIAAAAAAAAAABMFNHdke7tHvos320rupestre_blog.jpg. Acesso em 15/07/2013.

Figura 15, 16 e 17: Representação de um desenho a mão livre. Fonte: httpconcursoseprojeto.files.wordpress.com200905imagem_4.jpg. Acesso em 15/07/2013.

Figura 18: Croqui de Paulo Mendes da Rocha. Casa Gerassi., 1991. Disponível em: http://comover-arq.blogspot.com.br/2012_02_01_archive.html. Acesso em 24 de julho de 2013.

Figura 19: Croqui de Carlo Scarpa. Fonte: GOUVEIA, Anna Paula Silva. O croqui do arquiteto e o ensino do desenho. Tese de Doutorado FAU-USP, São Paulo, 1998.

Figura 20: Croqui de Le Corbusier. Fonte: GOUVEIA, Anna Paula Silva. O croqui do arquiteto e o ensino do desenho. Tese de Doutorado FAU-USP, São Paulo, 1998.

Figura 21: Palácio da Justiça de Chandigarh. Fonte: GOUVEIA, Anna Paula Silva. O croqui do arquiteto e o ensino do desenho. Tese de Doutorado FAU-USP, São Paulo, 1998.

Figura 22: Maquete da Comuna Francesa. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Le_plessis-robinson. Acesso em 15/07/2013.

Figura 23: Maquete feita por um estudante de arquitetura. Fonte: GOUVEIA, Anna Paula Silva. O croqui do arquiteto e o ensino do desenho. Tese de Doutorado FAU-USP, São Paulo, 1998.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 24 e 25: Maquete e Foto da Catedral de Florença. Fonte: <http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkcs/arch374/winter2001/sfarfa/phil02.gif>. Acesso em 15/07/2013.
- Figura 26 e 27: Maquete e foto da Basilica de São Pedro em Roma. Fonte: <http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkcs/arch374/winter2001/sfarfa/phil02.gif>. Acesso em 15/07/2013.
- Figura 28: <http://theclosetlullaby.blogspot.com.br/2012/08/la-vuelta-barcelooooona.html>. Acesso em 01/08/2013.
- Figura 29: Foto da Sagrada Família. Fonte: <http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkcs/arch374/winter2001>. Acesso em 15/07/2013.
- Figura 30: Casa Milá. http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Casa_Mil%C3%A0_-_Barcelona,_Spain_-_Jan_2007.jpg. Acesso em 01/08/2013. [/sfarfa/phil02.gif](http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkcs/arch374/winter2001/sfarfa/phil02.gif). Acesso em 15/07/2013.
- Figura 31 e 32: Maquete e Foto da Casa Schröder. Fonte: <http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkcs/arch374/winter2001/sfarfa/phil02.gif>. Acesso em 15/07/2013.
- Figura 33 e 34: Protótipos. Fonte: GOUVEIA, Anna Paula Silva. O croqui do arquiteto e o ensino do desenho. Tese de Doutorado FAU-USP, São Paulo, 1998.
- Figura 35: Desenho técnico. Fonte: http://www.bimbon.com.br/blogwp-content/uploads/2011/11/sketchup_tecnico_robson-1.jpg. Acesso em 14/07/2013.
- Figura 36: Oscar Niemeyer. Fonte: <http://arquitectura2022.blogspot.com.br/2012/12/oscar-niemeyer-nasceu-com-o-brasil-na.html>. Acessado em 17 de Julho de 2013.
- Figura 37 e 38: – Croqui e Foto Concert Hall Disney – Los Angeles – EUA, 1992 – 2003 Frank Gehry.
- Figura 39: Satira, Os Simpsons: Fonte: http://bemarranjado.blogspot.com.br/2012_06_01_archive.html Acessado em 17 de Julho de 2013.
- Figura 40 e 41: Da prancheta para o Computador. Fonte: http://www.aulascad.com/2012_10_01_archive.html. Acessado em 17 de Julho de 2013.
- Figura 42: Ilustração CAD. Fonte: <http://sistemasdeengenharia.com.br/2012/02/voce-sabe-o-que-e-cad-cae-cam/>. Acessado em 17 de Julho de 2013.
- Figura 43, 44, 45 e 46: Maquete, Modelo Virtual, Construção e Foto do Museu Guggenheim, Bilbao, 1992, Frank Gehry. Fonte: http://www.aulascad.com/2012_10_01_archive.html. Acessado em 17 de Julho de 2013.
- Figura 47, 48 e 49: The Bubble. pavilhão da BMW em exposições na Alemanha 1999/2000 Foto e Modelo estrutural. Arquiteto Bernhard Franken. Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.060/460> Acessado em 17 de Julho de 2013
- Figura 50 e 51: Imagens Google Sketchup. Fonte: ultradownloads.com.br. Acessado em 17 de Julho de 2013.
- Figura 52 e 53: Imagens renderizadas. Fonte: www.a5arquitetura.com. Acessado em 17 de Julho de 2013
- Figuras 54, 55 e 56: Código e imagens de Realidade Aumentada. Fonte: <http://phdingame.blogspot.com.br/2010/06/augmented-reality.html>. Acessado em 17 de Julho de 2013.
- Figura 57 e 58: BIM, uma mudança de paradigma Linha evolutiva. Disponível em: http://www.frutodearte.com.br/product_info.php?cPath=36_37_603&products_id=9235&osCsid=a7kf662jkujcd8hmj573ngu0l7; Acessado em 01/03/2013 e <http://www.fosterandpartners.com/about-us/team/>. Acessado em 12/07/13.
- Figuras 59 e 60: BIM, uma mudança de paradigma. Linha evolutiva. Disponível em <http://arquitetablog.blogspot.com.br/2011/05/autocad-ou-revit.html> Acessado em 12/07/13 e <http://blog-render.com.br/diversos/autodesk-revit-architecture/> Acessado em 12/07/2013

LISTA DE FIGURAS

Figura 64: Esquema da utilização da plataforma de BIM na cadeia produtiva da construção civil. Disponível em <http://buildipedia.com/instudio/item/1212-the-daily-life-of-building-information-modeling-bim>. Acessado em 01/03/2013.

Figura 65: Partes envolvidas no processo BIM.

Figuras 66 e 67: Petrobras: edital de projeto fez exigência de uso da tecnologia BIM Projeto Executivo: Contier Arquitetura. Disponível em <http://www.petrobras.com.br/pt/>. Acessado em 01/03/2013.

Figuras 68 e 69: Matec Engenharia: economia na obra com o emprego de BIM. Disponível em www.matec.com.br. Acessado em 02/03/2013.

Figura 70: Logotipos de entidades de Classe. Disponível em: <http://www.aeavi.com.br/blog/wp-content/uploads/2012/06/crea.jpg>;
<http://www.asbea.org.br/criterios-arquiteturanoticiasimagens/346189.jpg>; <http://www.tremorvideo.com/wp-content/uploads/2013/02/IAB-Logo.jpg>;
http://www.crea-sc.org.br/portal/arquivos/SGCIMGNOT_25102011151612anncio_CAU.JPG. Acesso em 17/07/2013.

Figura 71 e 72: Projetos utilizando sistema BIM. Disponível em: <http://claimkit.com/wp-content/uploads/2012/10/fig8.jpg>. Acesso em 17/07/2013.

Figura 73: Telas dos Softwares. Disponível em: http://www.bentley.com/NRrdonlyres/E74D355D-FB7C-4AD4-B2C0-2C39526D9CC4002_BFPairportplan.jpg; <http://www.applecad.com/images/screenshots/vectorworks-cad-for-mac.jpg>. Acesso em 17/07/2013.

Figura 74 e 75: Maquetes produzidas em cortadora a laser e em impressora 3D. Fonte: http://www.fec.unicamp.br/~lapac/galeria_bertho.htm. Acessado em 15/07/2013.

Figura 76: Campos de utilização de prototipagem digital e fabricação digital. Fonte: Pupo, (2009).

Figura 77: Stack Pavilion, FreelandBuck Architecture, London, 2011. Disponível em: <http://www.greencleaningideas.com/2011/07/stack-pavilion-an-extraordinary-architectural-design-by-freelandbuck/>. Acessado em 15/07/2013.

Figura 78: Experimento de circulação de ar no interior de maquete de seção de um edifício hospitalar de Lelé, produzida em impressora 3D. Fonte: Shimomura, Frota e Celani, 2010. Disponível em http://www.forumpatrimonio.com.br/view_full.php?articleID=175&modo=1#. Acessado em 15/07/2013.

Figura 79 e 80: Corte a laser e protótipo de cadeira fabricada para a disciplina de Prototipagem Rápida da Pós-Graduação em Arquitetura e Sustentabilidade da Unochapecó. Fonte: Batistello (2013).

Figura 81 e 82: Produção de Residências por CNC. Disponível em <http://blogdopetcivil.com/2012/09/24/construtor-digital-de-casas>. Acessado em 15/07/2013.