

A IMPORTÂNCIA DO DESENHO NO PROCESSO DE PROJETO

Edison Rohleder – rohleder@cce.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Expressão Gráfica/CCE
Campus Universitário – Trindade – Florianópolis/SC
CP – 476, CEP: 88040-900

Henderson José Speck – speck@cce.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Expressão Gráfica/CCE
Campus Universitário – Trindade – Florianópolis/SC
CP – 476, CEP: 88040-900

Luis Alberto Gómez – luis@ecv.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil/CTC
Campus Universitário – Trindade – Florianópolis/SC
CP – 476, CEP: 88040-900

***Resumo.** O processo de projeto é diversificado, complexo e difícil de ser modelado. Sobre esse assunto, numerosas interpretações têm sido publicadas. Normalmente o processo é dividido em fases e atividades, visando a uma análise mais acurada do modo como os projetistas trabalham e, assim, prover um guia para o desenvolvimento de programas e modeladores geométricos rápidos. Durante cada atividade, os projetistas usam uma grande variedade de ferramentas para documentar e arquivar as tarefas desenvolvidas. Tradicionalmente essas ferramentas têm sido o lápis, papel e materiais de modelagem, mas, agora, o computador afeta o processo por oferecer novas ferramentas e simulações. Entretanto, segundo Petzny (1994), isso só acontece nos estágios finais do processo de projeto. Os aspectos cognitivos envolvidos, especialmente nas etapas iniciais de criação, ainda não são totalmente conhecidos.*

***Palavras-Chave:** Projeto, CAD, Cognição.*

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é estudar a importância do desenho (desenho formal e esboço informal) no processo de projeto, argumentando a favor da necessidade do desenho durante todos os estágios (etapas) do projeto mecânico.

Através das informações aqui apresentadas, ficarão evidenciadas as exigências e necessidades para as futuras ferramentas de CAD (*Computer Aided Design*), educação gráfica e estudos correlatos a desenvolver.

Todos os engenheiros e projetistas são ensinados (treinados) a desenhar. Assim, a maioria dos projetistas está habilitada a fazer e interpretar desenhos técnicos formais. Esses desenhos são representações do projeto final (o produto final do processo de projeto) e têm a intenção de guardar e documentar o projeto completo e comunicá-lo para outros projetistas e para o pessoal da manufatura responsável pela sua execução. De outra parte, todavia, é conhecida a dificuldade que os engenheiros têm para esboçar suas idéias. Algumas vezes esses esboços informais servem para comunicar um conceito para um colega, mas, na maioria das vezes, servem apenas para dar forma à idéia sobre o papel. Assim sendo, o que está em consideração é como esses esboços ajudam uma idéia a tomar forma, o que nos mostra que o papel desempenhado pelo desenho na engenharia é mais do que a simples documentação ou arquivamento da concepção ou da comunicação com outros.

Entender o uso de ambos, desenho formal e esboço no projeto, é importante para ajudar a formular o futuro desenvolvimento dos sistemas de CAD e de desenho. Compreender a importância do desenho no processo de projeto ajuda a estabelecer que habilidades e destrezas devem ser ensinadas aos engenheiros durante seu treinamento.

2. DESENVOLVIMENTO

Os engenheiros projetistas fazem vários tipos de anotações no papel. De acordo com pesquisas realizadas, essas anotações foram divididas em dois grupos principais: notas e representações gráficas de suporte, notas de suporte, que incluem texto, listas, dimensionamento e cálculos.

Representações gráficas que incluem desenhos de objetos e suas funções, planos e gráficos, a representação gráfica do projeto mecânico é, muitas vezes, feita com desenhos a instrumentos e em escala, ou desenhos feitos em sistemas computadorizados de CAD. Esses desenhos, feitos de acordo com um conjunto amplo de regras aceitas (normas), serão definidos como projeto (desenho a instrumento).

Esboços, por outro lado, são definidos como desenhos à mão livre junto aos quais são colocadas anotações resumidas (estenográficas) para representar os objetos e suas funções. Esses esboços não são normalmente representados em escala.

Uma diferenciação precisa ser feita entre o ato da representação gráfica e o meio sobre o qual ele ocorre ou é feito. O meio - papel e lápis, computador, giz sobre quadro negro ou outro meio qualquer - provavelmente irá colocar restrições à representação. A discussão a seguir não é concernente com o que está sendo representado, mas com o modo pelo qual essa representação é feita. De qualquer forma, a discussão aponta para as restrições do meio de representação e as necessidades de aperfeiçoamento das interfaces.

Um outro aspecto do desenho a ser considerado é o nível de abstração da informação a ser representada. Durante o processo de projeto, o mesmo é refinado a partir de um conceito abstrato inicial até o desenho final detalhado.

Mesmo que uma boa porcentagem da representação gráfica em engenharia seja na forma de esboço informal, é o desenho formal que é o foco de muito treinamento pesado em CAD para engenheiros. Por outro lado, muitos engenheiros não recebem treinamento formal em desenho de esboço. Ele é assumido como um dom natural. Três textos típicos usados no ensino básico de desenho mecânico foram examinados. Cada um deles apresentou apenas algumas poucas páginas de informação sobre o esboço, "sketching". Adicionalmente, os sistemas de CAD não facilitam, nem possuem meios significativos de suporte ao desenho de esboço.

Para os efeitos deste artigo, o termo CAD é definido como o uso de computador gráfico interativo para ajudar a resolver os problemas de projeto mecânico. As atuais ferramentas de CAD ajudam no processo de projeto de quatro maneiras: como uma ferramenta avançada de

desenho; como assistente na visualização de objetos e dados; como organizador e comunicador de dados; e como pré e pós-processador para as técnicas analíticas de avaliação por computador, tais como elementos finitos, determinação das propriedades de peso e massa, análise cinemática etc. Para todos esses usos o "desenho" precisa estar suficientemente refinado para que isso possa ser feito. Assim, para os sistemas correntes de CAD, o D significa desenho e não projeto.

3. A RELAÇÃO DO DESENHO COM A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

A análise inicial das fitas de vídeo feitas durante o processo de desenvolvimento de projetos levou à constatação de sete usos ou funções para o ato de desenhar:

1. arquivar e documentar a forma geométrica do projeto;
2. comunicar idéias entre projetistas e entre projetistas e pessoal da manufatura;
3. agir como ferramenta de análise;
4. simular o projeto;
5. servir de elemento complementar de checagem da integridade do projeto;
6. tornar aparentes para o projetista os detalhes a serem projetados os esboços ou outros desenhos estão sendo feitos;
7. atuar como uma extensão da memória de curto termo do projetista. Projetistas, muitas vezes inconscientemente, fazem esboços para ajudá-los a relembrar idéias que eles, de outro modos, possivelmente esqueceriam. Foi constatado que essas observações são ambas transitórias (sobrepostas) e incompletas. Em particular, baseado nos dados e leituras na literatura da psicologia cognitiva, conclui-se que o último item é potencialmente mais rico do que ele aparenta.

Assim, estas observações têm encorajado a formulação de cinco hipóteses. Cada hipótese é apresentada abaixo, seguida do suporte na literatura. Os dados de suporte dessas hipóteses no projeto mecânico estão na seção seguinte.

3.1 Hipótese 1. Desenhos são o método preferido de representação externa de dados para os projetista.

Os projetistas representam dados internamente, em suas mentes, e externamente sobre o papel, tela de computador ou outro meio. É suficientemente óbvio que eles preferem desenhar, e preferem uma figura a ter que escrever para descrever um objeto. É importante entender por que motivo a representação por desenho é preferida acima de outras formas, tais como o texto ou proposições.

Larkin (1987) e outros autores exploram o uso de diagrama na solução de problemas. Aqui, diagramas são desenhos, desenhos esquemáticos representando o objeto em problemas físicos. Ao comparar esses diagramas os autores concluem:

1. Diagramas podem agrupar todas as informações que são usadas juntas e, assim, evitar grande quantidade de pesquisa dos elementos necessários.
2. Diagramas claramente preservam informações através da geometria e topologia, enquanto que o texto é apenas seqüencial por natureza. Essa característica dos diagramas permite a fácil indexação da informação para suportar processos computacionais. De qualquer forma, o texto preserva a seqüência temporal lógica da informação. Isso é perdido nos diagramas.
3. Diagramas usam o agrupamento local da informação sobre elementos simples, evitando a necessidade de comparar classes (de um gráfico, por exemplo). Diagramas

automaticamente suportam um grande número de inferências. A informação pode ser indexada (agrupadas) de várias maneiras.

Parece razoável que essas conclusões, feitas em torno da representação por diagramas, podem ser estendidas para todas as representações gráficas. Baseados em conclusões de Larkin e Simon, é fácil ver por que no complexo processo de projeto, desenhos são preferidos a textos.

3.2 Hipótese 2. Esboços são uma importante forma de representação, satisfazendo necessidades não atendidas pelo desenho a instrumento.

A hipótese acima expressa que os esboços têm uma função que o desenho a instrumento não pode preencher. Herbert (1987) se considerou que o uso de esboços (desenhos de estudo) na solução dos problemas de projeto em arquitetura. Ele define "desenhos de estudo" como "desenhos informais pessoais que arquitetos projetistas usam como meio gráfico auxiliar do pensamento na fase exploratória de seu trabalho". Arquitetos muitas vezes fazem esses desenhos de estudo nas bordas ou adjacente aos desenhos formais. Em seu artigo, Herbert conjectura sobre as propriedades dos esboços que afetam o processo de projeto. Essas propriedades formam a base de sua teoria do uso de esboços no projeto.

Na teoria de Herbert, esboços são usados porque eles provêm uma memória estendida para a imagem visual da mente do projetista. Visto que esboços podem ser feitos mais rapidamente do que desenhos formais, eles permitem uma manipulação mais fácil de idéias.

Além disso, esboços permitem que a informação seja representada de várias formas, tais como diferentes vistas ou níveis de abstração. Assim, ele chama os esboços de metáforas gráficas de ambos: objetos reais e desenhos formais de objetos em desenvolvimento ou projeto. De fato, Herbert afirma que esboços são o principal meio externo de pensamento. O pensamento de Herbert conduz para a terceira hipótese.

3.3 Hipótese 3. O Desenho é uma extensão necessária da imagem visual usada no projeto. Ele é uma extensão necessária da capacidade cognitiva do projetista para tudo, mas principalmente para a representação de dados, para a propagação de restrições do projeto e para a simulação mental.

Esta hipótese expressa que sem a representação de dados sobre meios externos o projetista não poderia resolver problemas complexos. Na próxima seção deste artigo, será apresentado o modelo de processamento humano da informação na solução de problemas, os quais dão algum suporte científico a esta hipótese. Neste modelo, desenhos são uma extensão à limitação humana de visualização de objetos em sua mente.

A limitação da habilidade cognitiva leva para a quarta hipótese.

3.4 Hipótese 4. Desenhos requerem transformações na passagem da memória do projetista para a memória estendida externa. A natureza da transformação depende das características do meio utilizado como memória externa.

A maneira como humanos representam informações em sua memória é ainda assunto de muito debate e pesquisa. Não importa qual a forma desta representação interna. O que se sabe é que ela é potencialmente diferente da representação feita externamente sobre o papel, em sistema CAD, ou através de qualquer outro meio. A transformação entre estes dois meios é uma das duas: correspondência ou implementação. Correspondência é a transformação entre o vocabulário interno e externo. Se o projetista visualizou um objeto em 3D na sua mente e quer representá-lo externamente, ele pode transformá-lo em uma projeção isométrica, vistas

ortográficas ou outra representação bidimensional, e desenhar sobre o papel ou com ferramentas de CAD 2D, ou ele pode transformá-la em primitivas booleanas e representá-las com ferramentas de modelagem sólida.

Mais adiante, dependendo do meio escolhido, há necessidade de transformações adicionais para sua implementação. O processo cognitivo para desenhar linhas com lápis é diferente daquele para especificar pontos na representação da linha num sistema de CAD.

As pesquisas de Larkin e Simon e de Herbert estão focadas na correspondência.

Não há literatura conhecida pelos autores a respeito do efeito da implementação sobre a carga cognitiva do projetista.

Mesmo que a forma exata da memória humana seja ainda desconhecida, ela é geralmente discutida por psicólogos em termos de unidades cognitivas (chunks) de dados. A natureza destas unidades cognitivas, que serão discutidas na próxima seção, conduzem à quinta e última hipótese.

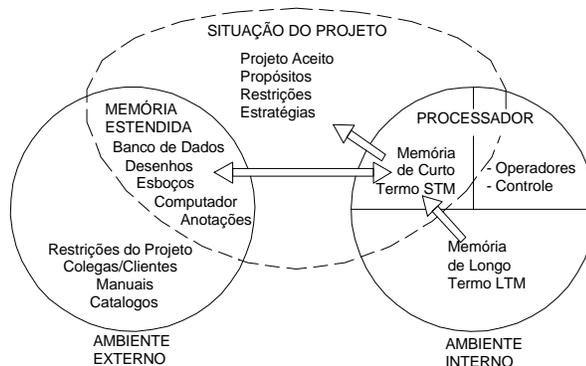
3.5 Hipótese 5. Desenhos utilizam e determinam as unidades cognitivas (características do projeto) usadas na formulação da imagem mental. Assim, a organização da informação cognitiva do projetista é interdependente com as características do desenho.

Esta hipótese é contundente. Parece óbvio que o conteúdo e a estrutura dos desenhos é dependente da imagem mental e de como ela é formada (suas unidades cognitivas). É discutível se as imagens mentais são influenciadas ou não pelos desenhos. Esse assunto será abordado mais adiante.

4. UM MODELO COGNITIVO DO PROCESSO DE PROJETO

A primeira descrição do projetista como um processador de informações é apresentada na figura 1, como o ambiente onde o processo de projeto acontece.

Fig. 1 - O ambiente de projeto.



Esta figura é baseada no modelo desenvolvido por Newel e Simon (1972), e chamado de Sistema de Processamento de Informação (SPI ou IPS). A figura pode ser vista como um mapa do local no qual a informação a respeito do projeto está armazenada. Ele está dividido em um espaço de trabalho interno (dentro da mente do projetista) e um local de trabalho externo (fora da mente do projetista). Dentro do projetista, existem dois locais correspondentes a dois diferentes tipos de memória: Memória de Curto Termo (STM) e a Memória de Longo Termo (LTM). Existe também um "processador", que é responsável pela

aplicação de operadores e controle do processo de projeto. Ullman(1990), identifica dez operadores que caracterizam a solução de problemas em projetos mecânicos.

Externamente ao projetista existem muitos locais de estocagem da situação do projeto, incluindo meios gráficos de representação, tais como pedaços de papel e ferramentas de CAD, além de outras fontes como notas textuais, manuais e coleções.

Assim, o projeto ou alguma característica do projeto podem apenas ser representados em três locais: STM, LTM e na, assim chamada, memória externa. Cada local desses tem certas propriedades que afetam como ele pode ser usado no projeto. Para suportar a hipótese a respeito da importância do desenho no processo de projeto, este modelo precisa ser discutido e analisado em mais detalhe.

Para discutir o papel do desenho no processo de projeto, as características da STM, da LTM, o fluxo de informação entre elas e o ambiente externo precisam ser desenvolvidos. O detalhamento disso está baseado no modelo de Newell e Simon, sua extensão para a imagem visual por Kosslyn, 1980, e o esforço de codificação por Anderson, 1983. É preciso perceber que o conteúdo deste modelo dado aqui não está totalmente de acordo com a psicologia cognitiva (comunidade científica), mas ele é suficientemente seguro para prover a base para a discussão da função do desenho no processo de projeto.

4.1 Memória de Curto Termo (Short Term Memory - STM)

A memória de curto termo é muito rápida e poderosa. O conteúdo da STM compreende as informações sobre as quais temos consciência. Nossa mente consciente. Todas as operações de projeto, isto é, a percepção visual e a criação gráfica, são feitas sobre informações que foram trazidas para a STM. Infelizmente, a STM tem capacidade limitada. Estudos têm mostrado que ela é limitada em aproximadamente sete unidades de informação (Ledy, 1999). Embora limitada em capacidade, a STM é um processador muito rápido, com tempo de processamento na ordem de 100 msec.

Na visão de Kosslyn (1980), uma função da STM é ser um "Buffer" na área de armazenagem visual. Nesta capacidade, ele é considerado especialmente eficiente como um "buffer" desenvolvido a partir da necessidade de processar informações vindas dos olhos. Assim, este "buffer" é visto como um espaço coordenador com limitada extensão espacial, o *buffer* visual suporta imagens derivadas dos olhos durante o processo de percepção; e dos olhos e da memória de longo termo LTM, durante o processo de geração e manipulação de idéias.

4.2 Memória de Longo Termo (Long Term Memory - LTM)

A memória de longo termo LTM, por outro lado, é basicamente de capacidade infinita, mas de acesso lento (de 2 a 10 segundos por unidade cognitiva de informação). O acesso à LTM também não é direta. Em vez disso, a LTM precisa ser colocada em funcionamento (ser ligada) através de um estímulo (dica) ou uma estratégia de recuperação da informação baseada na memória de curto termo STM. Durante o processo de projeto, parte do projeto é armazenada na memória de longo termo. Essa parte é relativamente fácil acessada a qualquer tempo, porque neste mesmo instante partes importantes do projeto estão situadas na memória de curto termo e podem agir como apontadores (indicadores, pistas, dicas) para o conhecimento armazenado na LTM.

Em termos de imagens visuais, também de acordo com Kosslyn (1980), existem dois diferentes tipos de informação armazenados na LTM: fatos sobre o objeto (incluindo tamanho, como eles são agrupados ou montados, seus nomes enquadrados nas categorias, suas funções etc.) e códigos sobre a aparência do objeto (lista de coordenadas onde os pontos

devem ser colocados no "buffer" visual). Shepard (1978) argumenta que talvez não haja isomorfismos (relação biunívoca) concreta de primeira ordem entre um objeto externo e a correspondente representação. Ele propõe um isomorfismo de "segunda ordem" em que relações funcionais dentro do objeto são modeladas e armazenadas.

4.3 Unidades Cognitivas

O conteúdo das "unidades cognitivas" processadas nas STM e LTM não está completamente claro. Anderson (1983), em seu esforço para construir um simulador computadorizado do processamento humano das informações, utiliza três tipos de representação de dados para aquelas unidades. Imagens espaciais, textos e proposições. Será mostrado que a visão da representação espacial na memória é especialmente importante na consideração da forma no processo de projeto.

Não há evidências na literatura sobre o caminho pelos quais os projetistas codificam informações sobre objetos mecânicos em suas mentes. Assim, se um projeto deve ser representado numa maneira que seja mais facilmente comunicado para um projetista humano, então a informação precisa ser codificada com características que sejam familiares para ele. Os atuais sistemas de CAD usam características baseadas em primitivas geométricas, tais como linhas, arcos, sólidos e ícones (símbolos). Essas são características sobre as quais o projetista foi treinado, mas não está claro se é o melhor meio (modo) de organização da informação na memória. Isto desperta as seguintes questões: de onde estas características vieram? Os projetistas têm um conjunto de características próprias em suas cabeças ou é uma característica adquirida através da educação?

A única abertura que existe para estudar a decodificação em unidades cognitivas do objeto na cabeça do projetista é através da representação destas características como texto escrito, palavras, desenhos e gestos. Características usadas por humanos para representar geometria e topologia são, muitas vezes, difíceis de ser representadas textualmente ou verbalmente, mas podem ser representadas graficamente com facilidade. Por exemplo, jogadores novatos de xadrez, quando instados (solicitados) a lembrar a posição dos peões num jogo sobre o tabuleiro, indicavam-na uma a uma. Experts usavam um modelo mais complexo que os noviços. Esses pedaços não recebem "nomes" que possam ser representados com uma simples palavra escrita ou falada, mas eles podem ser representados graficamente na sua posição sobre o tabuleiro com facilidade. Experiência similar no domínio da arquitetura resultou em "chunks" (unidades cognitivas) que, embora facilmente representadas graficamente, só podiam ser precariamente representadas (descritas) textualmente.

O único experimento desta natureza realizado com projetistas mecânicos foi realizado por Waldron e Waldron, (1988). Nesse experimento, noviços (alunos não-graduados), intermediários (alunos graduados) e experts (especialistas com prática) foram apresentados a um desenho de montagem (conjunto) por um curto período de tempo. O desenho foi então coberto e solicitado aos participantes, que o reproduzissem. Ao observar o video-tape da performance dos participantes ficou evidente que os noviços recordavam dos segmentos de linha, os participantes intermediários lembravam dos objetos tais como rolamentos e os especialistas lembraram dos componentes funcionais, incorporando um grande número de objetos físicos individuais.

4.4 De que modo o Sistema de Processamento de Informação (IPS-Information Processing System) sustenta ou confirma as hipóteses?

A descrição citada acima é importante para o entendimento do uso da representação gráfica no processo de projeto mecânico porque ela proporciona a percepção da correção das

hipóteses colocadas na seção anterior. Primeiro precisa ser notado que as tarefas realizadas num o projeto requerem uma das duas alternativas: recuperação de informações da memória de longo termo ou manipulação na memória de curto termo. Visto que o número de unidades cognitivas "chunks" de informação com as quais a STM pode trabalhar é limitada e o projetos mecânicos complicam-se rapidamente, a STM torna-se um gargalo para os projetistas humanos. Adicionalmente, como a STM transforma a informação rapidamente e a LTM lentamente, apenas a representação externa feita através de transformações da imagem para representação gráfica ou textual pode servir de memória adicional. Como a informação textual é limitada para caracterizar formas, a representação gráfica é a única forma razoável de estender a memória do projetista. Isto confirma a primeira hipótese.

A segunda hipótese, que esboços servem a propósitos não apoiados pelo desenho formal, tem muito a ver com a velocidade da representação. Um dos objetivos de fazer uma imagem gráfica no ambiente externo é que, assim, ela pode ser vista e codificada na STM, e analisada de nova maneira. Em outras palavras, a geração rápida de uma imagem externa permite ao projetista "ver" a informação diferentemente da forma como ela foi gerada.

Assim, o método de geração da imagem externa precisa ser rápido e flexível, ou ele reduzirá o processo cognitivo.

Visto que a STM é limitada em capacidade e o projeto mecânico complexo, desenhos são necessários ao processo de projeto e como extensão da capacidade de visualização da imagem. Assim o modelo do IPS apóia ou confirma a hipótese 3. Considerando as hipóteses 2 e 3, ambos os desenhos, exato e à mão livre, estendem a capacidade da STM e a capacidade de repassar a informação para processamento continuado.

A quarta hipótese declara que a representação gráfica é uma metáfora para a imagem visual e ela requer transformações dependentes do meio utilizado na representação. Seria ideal se as características da imagem representada sobre um meio qualquer fossem compatíveis com a imagem representada na STM. Em um sentido, tal compatibilidade sempre ocorre; em algum grau, o imagem formulada no meio externo usa unidades cognitivas armazenadas na LTM e, mais tarde, forma a base para a produção e inspeção da imagem na STM.

A quinta hipótese declara que as representações gráficas tanto utilizam quanto determinam as características do projeto. Nós temos, historicamente, sido condicionados ou constrangidos a usar meios bidimensionais (ex. papel e lápis), e isso tem, de certa maneira, formado nossa representação. Não está claro como nós codificamos e armazenamos objetos tridimensionais. Existe o argumento de que a memória é "objeto centrada" e que o objeto pode assim ser manipulado como um modelo sólido. Isso, no entanto, é contrariado pelo argumento de que a memória é "imagem centrada" e, assim, somente uma visão (imagem) específica, armazenada na LTM, pode ser usada para geração e inspeção. Desse modo, a atual situação da pesquisa cognitiva ainda não é suficientemente refinada para confirmar esta hipótese.

5. CONCLUSÃO

O projeto, na atualidade, sofre com a falta de integração, nas fases iniciais de concepção no processo de projeto, com a modernas práticas de CAD. Os sistemas existentes são poderosos, mas são enfadonhos e requerem longo tempo de aprendizagem, sem os benefícios de serem capazes de esboçar modelos rápida e intuitivamente, de pouca ajuda no processo cognitivo. A integração da concepção do projeto com o CAD poderá ser de grande valor e tem-se a esperança de que a modelagem geométrica rápida irá prover este caminho para o projetista.

REFERÊNCIAS

- ULLMAN, D.G. DIETTERICH, T.G. e STAUFFER, L. A. *A model fo the mechanical design process based on empirical data*. AEIDAM, Academic Press, 1989.
- NEWELL, A. e SIMON, H.A. *Human problem solving*. Prentice Hall, Englewood Cliffs , N. J. 1972.
- KOSSLYN, S. M. *Image and mind*. Harvard University Press. Cambridge Mass, 1980.
- SHEPARD, R.N. *The mental image*. American Psychologist, pp 125-137, Fev. 1978
- HERBERT, D. *Study drawings in architectural design: Aplications for CAD systems*. Proceedings of the 1987 Workshop of the Association for Computer Aided Design in Architectural. ACADIA, 1987.
- LARKIN J. e SIMON, H. *Why a diagram is (sometimes) worth a thousand words*. Cognitive Science. 11:65-99, 1987.
- ULLMAN, D.G. et all.. *The importance of drawing in the mechanical design process*. Computer & Graphics, Vol. 14, No. 2, pp 263-274, 1990.
- PETZNY, A. *A Rapid Geometric Modelling System for Designers*. at the Multimedia and Design Conference, at Sydney University, Austrália, 26th-28th Set. 1994)
- LEDDY, Clive. *Mental images*. Capturado em 20 set. 1999. Online. Disponível na Internet. <http://www.cs.umu.se/tdb/kurser/TDBC12/HT-97/LABBAR/6-LABGRP>.
- PETZNY, Christian. *Aplications of CAD to conceptual Industrial design*. Capturado em 29 ago. 1999. Online. Disponível na Internet. http://interaction.brunel.ac.uk/Interaction_Design_Research/Chris/Chris_Mission.html