

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Urbano do Curso de Pós-Graduação Stricto-Sensu.

“AMBIENTES COGNITIVOS PARA PROJETAÇÃO: Um Estudo Relacional entre as Mídias Tradicional e Digital na Concepção do Projeto Arquitetônico”

Gisele Lopes de Carvalho

Prof. Orientador Dr. Ney Dantas

Profa. Co-orientadora Dra. Cleide Farias de Medeiros

Recife, PE

2004

Carvalho, Gisele Lopes de

Ambientes cognitivos para projeção: um estudo relacional entre as mídias tradicional e digital na concepção do projeto arquitetônico / Gisele Lopes de Carvalho. – Recife : O Autor, 2004.

260 folhas: il., tab., graf., fig., foto.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CAC. Desenvolvimento Urbano, 2004.

Inclui bibliografia e glossário.

1. Arquitetura – Processo projetual arquitetônico – Metodologia. 2. Projeção – Processo de concepção. 3. Psicologia cognitiva – Cognição – Modelos mentais. 4. Mídias – Computação gráfica – Esboço. 5. Mídia tradicional – Lápis e papel. Título.

**72.021
720.028**

**CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.)**

**UFPE
BC2005-045**



Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano
Universidade Federal de Pernambuco

Ata de Defesa de Tese de Doutorado em Desenvolvimento Urbano da Doutoranda GISELE LOPES DE CARVALHO

Às 9.00 horas do dia 15 do mês de dezembro de 2004 reuniu-se na Sala do Conselho do Centro de Artes e Comunicação da Universidade Federal de Pernambuco a Comissão Examinadora de Tese, composta pelos professores: Ney de Brito Dantas (orientador), Circe Maria Gama Monteiro (examinadora interna), Antônio Roazzi (examinador externo), Jorge Tarcisio da Rocha Falcão (examinador externo) e Franc Gilbert René Bellemain (examinador externo) para julgar, em exame final, o trabalho intitulado "AMBIENTES CONGNITIVOS PARA PROJETAÇÃO: Um Estudo Relacional entre as Mídias Tradicional e Digital na Concepção do Projeto Arquitetônico", requisito final para a obtenção do Grau de Doutor em Desenvolvimento Urbano. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Ney de Brito Dantas, após dar conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra a candidata, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a comissão se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Pelas indicações, a candidata foi considerada **APROVADA COM DISTINÇÃO**. O resultado final foi comunicado publicamente a candidata pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar eu Rebeca Júlia Melo Tavares lavei a presente ata, que será assinada, pelos membros participantes da Comissão Examinadora, por mim e a candidata. Recife, 15 de dezembro de 2004.

Prof. Ney de Brito Dantas
Orientador

Profa. Circe Maria Gama Monteiro
(Examinador interno/MDU/UFPE)

Prof. Antônio Roazzi
(Examinadora Externo-Deptº Psicologia/UFPE)

Prof. Jorge Tarcisio da Rocha Falcão
(Examinador Externo-Deptº Psicologia/UFPE)

Prof. Franc Gilbert René Bellemain
(Examinador Externo/Deptº Expressão Gráfica)

Rebeca Júlia Melo Tavares
Secretária do Programa

Gisele Lopes de Carvalho
Candidata

Caixa Postal 7809 – Cidade Universitária – CEP 50732-970 – Recife-PE/Brasil
Tel: XX (81) 2126-8311 – Fax: XX(81) 2126-8772 – E-mail: mdu@ufpe.br

Dedicatória

A Silvio e Sônia

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. *Ney Dantas* e à Profa. Dr^a *Cleide Farias de Medeiros*, pela orientação crítica, pelas intervenções e revisões, com liberdade de escolhas, que me ajudaram a definir o meu próprio caminho;

Ao Prof. Dr. *Chengzi Peng*, pelo apoio e orientação no período em que eu estava no exterior;

À Profa. Dr^a *Circe Monteiro*, pelo incentivo inicial para ingressar neste programa, pelas valiosas críticas e sugestões e por participar como juíza do experimento e como membro das bancas de defesa de projeto, de qualificação e de defesa da tese;

Ao Prof. Dr. *Antônio Roazzi*, pela orientação na parte estatística do trabalho e por participar da banca de defesa da tese;

Ao Prof. Dr. *Jorge Falcão*, pelas críticas, sugestões e por participar das bancas de defesa de projeto, de qualificação e de defesa da tese;

Aos Profs. Dr. *Frank Bellemain*, Dr. *Tomás Lapa* e Dr. *Flávio Antônio Miranda de Souza* por aceitarem participar da banca de defesa da tese;

À Profa. Dr^a *Ana Magda Alencar Correia*, pelas leituras e sugestões;

Aos Profs. *Risale* e *Gilson* por participarem como juízes do experimento;

À Profa. Dr^a *Vilma Villarouca* por participar da banca de defesa de projeto;

Aos alunos e professores *Farshad, Ruth, Dave, Preecha, Alexandre, Hong, Alan, Ling, Peng, Ricardo, Cecília, Fernando Guerra, Vilma, Múcio, Laura, Patrícia Porto, João Domingos e Lorena* por participarem como voluntários do Modelo Final de Análise do experimento;

Aos alunos do 2º período do Curso de Arquitetura e Urbanismo do ano de 2002 que participaram como voluntários no Estudo Piloto;

À CAPES – PDEE, pela concessão da bolsa de estudos para estágio de doutorado no exterior;

À UFPE, pela redução de carga horária e pela liberação integral das minhas atividades como docente durante o período de estágio no exterior;

À Universidade de Sheffield, que me acolheu durante o período de estágio no exterior;

Aos Professores e Funcionários do Departamento de Expressão Gráfica pela compreensão durante o período em que me concentrava no desenvolvimento da tese;

Aos Professores e Funcionários do PPDU, pelo suporte técnico, atenção e eficiência;

A *Daniella, Gustavo, Iolanda, Ivone* e *Lícia* pela amizade, apoio e carinho;

A *Duda* e *Manoelzinho*, pela capacidade de me trazer leveza e me fazer sorrir;

A *Sônia*, mãe, amiga e maior incentivadora, pelo incondicional suporte emocional em todos os momentos da minha vida;

A *Manoel*, meu pai, exemplo de ética, generosidade, dignidade e amor, uma inspiração em minha vida;

A *Silvio*, meu amor, pelo carinho, amizade, companheirismo e compreensão.

Resumo

Os arquitetos dependem de representações para externalizar seus pensamentos projetuais. Tradicionalmente, eles têm usado esboços a lápis (mídia tradicional) na concepção de projetos arquitetônicos. Recentemente, alguns arquiteto, introduziram a mídia digital nesta fase. O principal objetivo desta Tese é o de investigar os processos cognitivos dos arquitetos durante a concepção do objeto arquitetônico usando ambas as mídias (tradicional X digital). Três temáticas deram o suporte teórico a nossa pesquisa: (1) o processo projetual arquitetônico (focando a concepção); (2) os processos cognitivos aplicados à Arquitetura e (3) os meios de representação arquitetônica (lápis e papel X CAD) aplicados à concepção arquitetônica. Dados empíricos foram coletados a partir da: (1) filmagem de dois grupos de sujeitos, usando ambas as mídias, executando duas tarefas isomórficas (projetos); (2) representação gráfica dos modelos mentais destas tarefas; (3) aplicação de questionários e (4) análise dos protocolos verbais retrospectivos das tarefas. Esses grupos foram observados na UFPE (Brasil) e na Universidade de Sheffield (Inglaterra). O desenvolvimento e a análise de um esquema de códigos do comportamento projetual dos sujeitos (segmentações e categorias de ações cognitivas) possibilitou um estudo relacional da atividade projetual em termos das ações cognitivas primitivas adotadas pelos sujeitos nas duas mídias.

Abstract

Architects rely on representation to externalise design thoughts. Traditionally they have been using pencil design sketches (traditional media) in the conceptual design. Most recently, a number of designers have introduced the use of digital media in sketching. The main purpose of this Thesis is to investigate the cognitive design processes used by architects in conceptualising design ideas using those both media. Three subjects gave the theoretical support to our research: (1) the architectural design process (focusing on conception); (2) the cognitive processes applied to Architecture and (3) the medias of architectural representation (pencil and paper X CAD) applied on the architectural conception. Data were gathered from: (1) an initial design process of two groups of individuals using both design media to complete two isomorphic tasks which were videotaped; (2) mental models of these tasks; (3) questionnaires; (4) analysis of the retrospective verbal protocols about the same tasks. These groups were observed at UFPE (Brazil) and at University of Sheffield (England). The development and analysis of a coding scheme of the design behaviour of each individual (segmentations and categorisations of the cognitive actions) allowed a relational study of the design activities in terms of the primitive cognitive actions adopted by them in each design media.

Lista de Figuras

Página

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 – Basílica de Sancta Maria Del Fiore, Florença	12
Figura 1.2 – Casa Batló projeto de Gaudi	28
Figura 1.3 – Filarmônica de Berlin projeto de Hans Scharoun	28
Figura 1.4 – Parque Lavillete em Paris projeto de Tschumi	29
Figura 1.5 – Café de um Teatro projeto de Daniel Libeskind	29
Figura 1.6 – Pavilhão Weil na Alemanha projeto de Z. Hadid	30
Figura 1.7 – Museu em Bilbao projeto de Frank Gehry	30
Figura 1.8 – Museu em Bilbao projeto de Frank Gehry	31
Figura 1.9 – Centro de Cinemas em Dresden projeto de Coop Himmelblau	32
Figura 1.10 – Competição para o projeto de uma casa virtual de P. Eisenman	33
Figura 1.11 – Instituto de Artes e Ciências um projeto de Peter Eisenman	33
Figura 1.12 – Modelo tridimensional de Karl Chu falando sobre os princípios da cosmogenia (estudo da origem do universo) e a transformação contínua da natureza	33
Figura 1.13 – Edifício de uma Companhia de Seguros na Holanda projeto de Herman Hertzberger	34
Figura 1.14 – Casa de Estudantes da Universidade de Louvain projeto de Lucien Kroll	35
Figura 1.15 – Complexo de casas Byker Wall em Newcastle projeto de Ralph Erskine	35
Figura 1.16 – Elevador Virtual projetado por Christian Moller	37
Figura 1.17 – A Cidade Legível projetada por Jeffrey Shaw	37

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 – Batalha de Trafalgar pintada por Turner	52
Figura 2.2 – Navio afundando pintado por Turner	52
Figura 2.3 – Ponte de pedestres projetada por Santiago Calatrava	53
Figura 2.4 – Estação de trem projetada por Santiago Calatrava	53
Figura 2.5 – Descoberta de Archimedes	54

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 – Electronic Cocktail Napkin	76
Figura 3.2 – ARCHIE: problema, estória e resposta no topo; projeção do artefato e anotações em baixo	77
Figura 3.3 – Método Mongeano desenvolvido por Gaspar Monge	79
Figura 3.4 – Pintura rupestre: Gruta de Lascaux, França	86
Figura 3.5 – Pintura rupestre: cenas de caça em Valltorta, Castellon	87
Figura 3.6 – Arquitetura egípcia: colunas do templo de Lúxor em Tebas	87
Figura 3.7 – A Última de Ceia, pintura de Leonardo da Vinci	88
Figura 3.8 – Pintura da Idade Média do pintor Cimabue: Madona no trono com o menino Jesus, anjos e profetas, Firenze	89
Figura 3.9 – Ivan Sutherland e seu <i>Sketchpad</i>	90
Figura 3.10 – Ópera em Cingapura, projeto de Michael Wilford, visão externa	98
Figura 3.11 – Ópera em Cingapura, projeto de Michael Wilford, visão interna	98

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 – Instrumento T1 - Tarefa 1: Bangalô de Praia	145
Figura 4.2 – Instrumento T2 - Tarefa 2: Centro de Informação Turística	145
Figura 4.3 – A tarefa de um sujeito brasileiro SB17 desenvolvida a Lápis	146
Figura 4.4 – A tarefa do mesmo sujeito brasileiro SB17 desenvolvida no computador	147

Figura 4.5 – Modelo Mental da ‘fotossíntese’ inicialmente apresentado aos sujeitos como exemplificação	150
Figura 4.6 – Modelo Mental de ‘como usar um processador de texto’	151
Figura 4.7 – Modelo Mental de ‘Felicidade’	151
Figura 4.8 – Exemplo do modelo mental do sujeito SB17 na tarefa no LÁPIS	152

CAPÍTULO 5

Figura 5.1 – Único exemplo de domínio insuficiente da ferramenta LÁPIS – sujeito SE2	166
Figura 5.2 – Exemplos de domínio insuficiente da ferramenta CAD – sujeitos SE4, SE6 e SE8	166
Figura 5.3 – Exemplos de domínio suficiente da ferramenta LÁPIS – sujeitos SE9, SB11, SB13 e SE8	167
Figura 5.4 – Exemplos de domínio suficiente da ferramenta CAD – sujeitos SE7, SB11, SB10 e SB17	167
Figura 5.5 – Único exemplo de um bom domínio da ferramenta LÁPIS – sujeito SE6	168
Figura 5.6 – Exemplos de um bom domínio da ferramenta CAD – sujeitos SB15 e SB16	168
Figura 5.7 – Exemplos de um domínio muito bom da ferramenta LÁPIS – sujeitos SB10, SB12, SB17 e SE1	169
Figura 5.8 – Exemplos de um domínio muito bom da ferramenta CAD – sujeitos SE3 e SB12	169
Figura 5.9 – Tarefa do sujeito SE1 desenvolvida com Lápis	180
Figura 5.10 – Tarefa do mesmo sujeito (SE1) desenvolvida no computador	181
Figura 5.11 – Tarefa do sujeito SB12 desenvolvida com Lápis – maior média geral	186
Figura 5.12 – Tarefa do mesmo sujeito SB12 desenvolvida no computador – maior média geral	188
Figura 5.13 – Tarefa do sujeito SE2 desenvolvida com Lápis - menor média geral	190
Figura 5.14 – Tarefa do sujeito SE4 desenvolvida no computador- menor média geral	192
Figura 5.15 – Tarefa do sujeito SB10 desenvolvida no computador	197
Figura 5.16 – Tarefa do sujeito SB10 desenvolvida com lápis	198
Figura 5.17 – Número de segmentos por minuto de tarefa em (a) sessões CAD-LÁPIS e em (b) sessões LÁPIS-CAD	202
Figura 5.18 – Processo de Concepção das Tarefas dadas	208
Figura 5.19 – Número de AC por minuto de tarefa em (a) sessões CAD-LÁPIS (b) sessões LÁPIS-CAD	209
Figura 5.20 – Frequência de ações físicas (a) sessões CAD-LÁPIS (b) sessões LÁPIS-CAD	210
Figura 5.21 – Frequência de ações perceptivas (a) sessões CAD-LÁPIS (b) sessões LÁPIS-CAD	211
Figura 5.22 – Frequência de ações funcionais– conceituais (F-C) (a) sessões CAD-LÁPIS (b) sessões LÁPIS-CAD	212
Figura 5.23 – Modelos mentais do sujeito SE1 nas duas tarefas: bangalô feito com lápis e informação turística no computador	214
Figura 5.24 – Modelos mentais do sujeito SE5 nas duas tarefas: informação turística feita com lápis e bangalô no computador	215
Figura 5.25 – Modelos mentais do sujeito SB10 nas duas tarefas: informação turística feita com lápis e bangalô no computador	215
Figura 5.26 – Modelos mentais do sujeito SB18 nas duas tarefas: informação turística feita com lápis e bangalô no computador	216
Figura 5.27 – Processo de concepção das tarefas	217

Lista de Tabelas

Página

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 – Categorias de Segmentação	132
Tabela 4.2 – Categorias de Ações Cognitivas	136
Tabela 4.3 – Ordem e Mídias das Tarefas	146
Tabela 4.4 – Exemplo de um trecho do protocolo verbal segmentado e categorizado do sujeito dado como exemplo acima (SB17) na tarefa de esboçar um bangalô a lápis.	147
Tabela 4.5 – Exemplo de um trecho do protocolo verbal segmentado e categorizado do sujeito dado como exemplo acima (SB17) na tarefa de esboçar um centro de informação turística no computador	149
Tabela 4.6 – Quadro de notas preenchido pelos juízes	157

CAPÍTULO 5

Tabela 5.1 – Estatística Descritiva da Questão 8 do Questionário	162
Tabela 5.2 – Estatística Descritiva - Prova do χ^2 da questão 9 do Questionário	163
Tabela 5.3 – Correlação: Domínio da ferramenta CAD X Q11: Você tem o hábito de esboçar diretamente no computador?	165
Tabela 5.4 – Estatística Descritiva – Comparação Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa (lápis X computador)	171
Tabela 5.5 – Trecho traduzido do protocolo verbal do sujeito SE6 na tarefa com lápis (tempo total da tarefa = 18 minutos; nº. total de segmentos = 6; 0,33 segmentos por minuto de tarefa)	171
Tabela 5.6 – Protocolo verbal completo e traduzido do sujeito SE6 na tarefa no computador (tempo total da tarefa = 10 minutos; nº. total de segmentos = 2; 0,2 segmentos por minuto de tarefa)	172
Tabela 5.7 – Estatística Descritiva – Comparação do Nº de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa (lápis X computador)	173
Tabela 5.8 – Estatística Descritiva - Comparação do Nº de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa (lápis X computador)	174
Tabela 5.9 – Estatística Descritiva - Comparação do Nº de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa (lápis X computador)	174
Tabela 5.10 – Estatística Descritiva - Comparação do Nº de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa (lápis X computador)	175
Tabela 5.11 – Estatística Descritiva – Comparação do Número de soluções na tarefa (LÁPIS X CAD)	177
Tabela 5.12 – Estatística Descritiva – Comparação do Domínio da ferramenta (Lápis X CAD)	179
Tabela 5.13 – Estatística Descritiva – Comparação do Nº de desenhos apresentados no final na tarefa (Lápis X CAD)	180
Tabela 5.14 – Estatística Descritiva – Comparação do Tempo total da tarefa em minutos (lápis X computador)	181
Tabela 5.15 – Notas atribuídas pelo Juiz 1	183
Tabela 5.16 – Notas atribuídas pelo Juiz 2	183
Tabela 5.17 – Notas atribuídas pelo Juiz 3	184
Tabela 5.18 – Média das Notas dos 3 Juízes	184
Tabela 5.19 – Prova de Wilcoxon: Significância da diferença (lápis X computador) em relação a média das notas dos juízes para todas as categorias analisadas	185
Tabela 5.20 – Trecho do protocolo verbal do sujeito SB12 na tarefa com lápis – maior média geral - (tempo total da tarefa = 20 minutos; nº. total de	

segmentos = 9; 0,45 segmentos por minuto de tarefa)	187
Tabela 5.21 – Trecho do protocolo verbal do sujeito SB12 na tarefa no computador – maior média geral - (tempo total da tarefa = 41 minutos; nº. total de segmentos = 5; 0,12 segmentos por minuto de tarefa)	188
Tabela 5.22 – Trecho traduzido do protocolo verbal do sujeito SE2 na tarefa com lápis – menor média geral - (tempo total da tarefa = 5 minutos; nº. total de segmentos = 5; 1 segmento por minuto de tarefa)	191
Tabela 5.23 – Protocolo verbal completo e traduzido do sujeito SE4 na tarefa no computador – menor média geral - (tempo total da tarefa = 12 minutos; nº. total de segmentos = 2; 0,17 segmentos por minuto de tarefa)	192
Tabela 5.24 – Duração média das seções em minutos	194
Tabela 5.25 – Percentagem de sujeitos que apresentaram um domínio insuficiente da ferramenta	196
Tabela 5.26 – Percentagem de sujeitos que representou apenas plantas baixas	197
Tabela 5.27 – Prova de Wilcoxon: Significância da comparação entre as plantas apresentadas (lápis X CAD)	197
Tabela 5.28 – Percentagem de sujeitos que apresentou apenas uma solução	199
Tabela 5.29 – Média das Notas dos 3 Juízes	200
Tabela 5.30 – Número médio de segmentos por seção	202
Tabela 5.31 – Número médio de segmentos por minuto de seção	202
Tabela 5.32 – Trecho do protocolo verbal do sujeito SE1 na tarefa com lápis (tempo total da tarefa = 10 minutos; nº. total de segmentos = 6; 0,6 segmentos por minuto de tarefa)	203
Tabela 5.33 – Trecho do protocolo verbal do sujeito SE1 na tarefa no computador (tempo total da tarefa = 12 minutos; nº. total de segmentos = 4; 0,33 segmentos por minuto de tarefa)	204
Tabela 5.34 – Perfil da Amostra	217
Tabela 5.35 – Notas dadas pelos sujeitos aos elementos, habilidades, noções, conhecimentos e competências durante a concepção de um projeto arquitetônico com as médias em destaque	219
Tabela 5.36 – Notas dadas pelos sujeitos à influência (positiva ou negativa) do uso do computador sobre os elementos, habilidades, noções, conhecimentos e competências durante a concepção de um projeto arquitetônico com as médias em destaque	220

Sumário

Página

Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Resumo	iv
Abstract	iv
Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	vii
Prefácio: Caminho Percorrido	1
Introdução	4

CAPÍTULO 1 - O Processo Projetual Arquitetônico e as Mídias (Lápis X Computador)

1.1. Introdução	9
1.2. Definições de Processo Projetual	9
1.3. O Surgimento e o Desenvolvimento das Metodologias Projetuais	11
1.4. Características do Processo Projetual	16
1.4.1. Os Tipos de Design de Broadbent	19
1.4.2. Os Geradores Primários	20
1.4.3. As Linhas Paralelas do Pensamento	21
1.4.4. Problemas Projetuais X Soluções Projetuais	21
1.4.4.1. Características Básicas dos Problemas e Soluções Projetuais	24
1.5. Novos Paradigmas para a Projetação	27
1.5.1. Métodos Focados em Novas Formas para a Arquitetura	28
1.5.2. Métodos Focados no Processo de Criação da Arquitetura	31
1.5.3. Métodos Focados em uma Arquitetura Experimental	36
1.6. Conclusão	

CAPÍTULO 2 - A Influência das Mídias na Cognição Humana Durante o Processo Projetual Arquitetônico

2.1. Introdução	40
2.2. Processos Cognitivos Básicos e Complexos	40
2.3. Recursos e Mecanismos Cognitivos	41
2.4. Os Processos Cognitivos na Projetação Arquitetônica	44
2.4.1. As Habilidades Cognitivas que Caracterizam os Arquitetos	46
2.5. O Processo Projetual como um Processo de Resolução de Problemas	48
2.6. O Pensamento Criativo na Projetação	50
2.7. Os Modelos Mentais	56
2.7.1. Modelos Mentais X Sistemas Computacionais	62
2.7.2. Modelos Mentais: Mudança Conceitual e os Sistemas CAD	64
2.8. Conclusão	65

CAPÍTULO 3 - Lápis X Computador no Processo Projetual Arquitetônico

3.1. Introdução	68
3.2. Os Esboços	70
3.2.1. Os Esboços no Computador	75
3.3. A Perspectiva Exata	78
3.4. As Representações Ortográficas	78
3.5. O Desenho Arquitetônico	79
3.6. O Pensamento Gráfico	80
3.7. As Limitações dos Meios de Representação	81
3.8. A Representação Arquitetônica, A Arquitetura e os Sistemas CAD como Linguagem:	

Algumas Traduções	82
3.8.1. A Linguagem do Desenho	82
3.8.2. A Linguagem Arquitetônica	84
3.8.3. A Linguagem dos Sistemas CAD	84
3.8.4. A Tradução entre as duas Linguagens – da Arquitetônica para a dos Sistemas CAD	85
3.9. A Representação Gráfica na Era Pré-Computador	86
3.10. CAD e Arquitetura: A Era Digital	90
3.11. O Computador na Prática da Arquitetura Hoje	93
3.11.1. O Computador como Oráculo (Projetista)	97
3.11.2. O Computador como Desenhista	97
3.11.3. O Computador como Ferramenta de Modelagem	100
3.11.4. O Computador como Ferramenta de Avaliação	100
3.11.5. O Computador como Agente	101
3.11.6. Considerações Finais	101
3.12. Implicações da Computação Gráfica na Concepção Arquitetônica	103
3.12.1. Características e Qualidades dos Sistemas CAD que dão Suporte à Projeção Arquitetônica	104
3.12.2. Limitações dos Sistemas CAD Atuais que dão Suporte à projeção Arquitetônica	110
3.12.3. Paradigmas X Práticas	114
3.13. Trabalhos Relacionados ao Tema	115
3.14. Conclusão	117
 CAPÍTULO 4 - Metodologia	
4.1. Introdução	120
4.2. Opções Metodológicas para o Estudo do Processo Projetual	120
4.3. O Método Empregado - A Análise de Protocolos	124
4.3.1. A Abordagem Baseada no Processo Versus a Abordagem Baseada Conteúdo	125
4.3.2. Protocolos Simultâneos X Protocolos Retrospectivos	129
4.3.3. O Método de Análise de Protocolos Adotado Nesta Tese	130
4.3.3.1. Categorias de Segmentação	131
4.3.3.2. Categorias de Ações Cognitivas	134
4.4. Etapas Metodológicas	137
4.4.1. Revisão Bibliográfica	137
4.4.2. Estudo Piloto	137
4.4.3. Modelo Final de Análise	137
4.4.3.1. O Experimento	141
4.4.3.2. As Etapas do Experimento	142
4.4.4. Análise dos Dados	156
4.5. Conclusão	157
 CAPÍTULO 5 - Resultados, Análise Estatística e Descobertas	
5.1. Introdução	159
5.2. Teste de Hipóteses	160
5.2.1. Testando a Hipótese Secundária 1	161
5.2.2. Testando a Hipótese Secundária 2	164
5.2.3. Testando a Hipótese Secundária 3	170
5.2.4. Testando a Hipótese Secundária 4	176
5.2.5. Testando a Hipótese Principal	178
5.3. Análise Geral das Tarefas	194

5.3.1. Observações sobre as Tarefas	194
5.3.2. Análise das Tarefas feita pelos Juízes	200
5.3.3 Conclusão	201
5.4. Análise dos Dados e Resultados Relacionados às Categorias de Segmentação	201
5.5. Análise dos Dados e Resultados Relacionados às Ações Cognitivas (AC)	208
5.5.1. Ações Físicas	210
5.5.2. Ações Perceptivas	211
5.5.3. Ações Funcionais e Conceituais	212
5.6. Análise dos Dados e Resultados Relacionados aos Modelos Mentais	213
5.6.1. Conclusão	216
5.7. Análise dos Dados e Resultados Relacionados aos Questionários	217
5.7.1. Conclusão	221
5.8. Conclusão	222
 CAPÍTULO 6 - Discussão e Conclusões	
6.1. Introdução	224
6.2. Implicações sobre o Uso da Mídia Digital	226
6.3. Conclusões	230
6.3.1. O Esboço de Concepção com Mídias Distintas: Um Estudo Relacional	231
6.3.2. As Limitações e Características Apresentadas pelos Esboços no Computador	232
6.3.3. A Efetividade do Esboço a Lápis	234
6.3.4. A Utilização dos Sistemas CAD Hoje	234
6.3.5. As Deformações Geradas Pelo Mau Uso dos Sistemas CAD	236
6.3.6. Considerações Finais	238
6.3.7. Sugestões de Pesquisas Futuras	239
6.3.8. Recomendações para uma Mídia Digital que venha a Auxiliar a Concepção do Projeto Arquitetônico	240
 Referências Bibliográficas	245
 Glossário	259

Prefácio: O Caminho Percorrido

O tema estudado baseia-se em questões que permeavam meus pensamentos desde o ingresso como docente do Departamento de Expressão Gráfica, na UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), em abril de 1993. Naquele momento, o grupo de professores do qual passei a fazer parte, encontrava-se envolvido com questionamentos sobre a melhor maneira de adequar o computador às atividades em sala de aula.

No ano de 1997, após algum tempo de experiência acadêmica, ingressei no curso de Mestrado na Universidade de Sheffield (Inglaterra). Buscava compreender o papel da tecnologia computacional na Arquitetura. Na minha dissertação de Mestrado duas tecnologias foram investigadas: CSCW (*Computer Supported Co-operative Work* – Trabalho Cooperativo Auxiliado pelo Computador) e *Concurrent Design* (Projeto Concorrente) e suas implicações na Arquitetura, focando na aplicabilidade das mesmas na projeção de edifícios residenciais no Brasil.

Ao retornar ao Brasil, procurei introduzir alguns dos conceitos aprendidos em sala de aula e continuei a participar de pesquisas e congressos na área. Em julho de 2000, sob a supervisão do meu orientador, comecei a estudar e estruturar o projeto de tese para a seleção neste Programa de Doutorado, que se iniciaria em março de 2001.

Em face da amplitude da área pesquisada relacionando a tecnologia computacional com a Arquitetura, uma das minhas grandes dificuldades iniciais foi a delimitação e caracterização do objeto a ser estudado que tornasse possível uma proposição teórica compatível, em dimensões e nível de aprofundamento, com uma pesquisa de Doutorado e em um período de quatro anos.

No começo do trabalho, o objeto de estudo encontrava-se bastante abrangente e na fase de seleção minhas pretensões eram a de abordar as implicações da computação gráfica em todo o ensino da Arquitetura e Urbanismo. Por tratar-se de uma temática interdisciplinar, procurei o auxílio de uma co-orientadora a qual veio somar com contribuições nas áreas pedagógica e psicológica.

Devido à abrangência do tema e a impossibilidade de tratá-lo com o aprofundamento que uma tese de Doutorado exigia, procurei focar e delimitar o objeto de estudo. Em um primeiro recorte, passei a focalizar as implicações da computação gráfica não mais no ensino, mas na projeção e representação arquitetônica. No recorte seguinte, delimitei a pesquisa apenas à projeção, tendo a representação como pano de fundo da análise. Em seguida, cheguei realmente ao objeto de estudo atual que trata das implicações da computação gráfica

nos processos cognitivos dos arquitetos, especificamente na fase de concepção do objeto arquitetônico.

Ao mesmo tempo em que desenvolvia a tese, participava de disciplinas no PPDU (Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano) e nas pós-graduações em Educação e em Psicologia Cognitiva da UFPE, onde fui buscar subsídios para a fundamentação teórica cognitiva bem como para a análise estatística. Assim que delimito o objeto de estudo, passei a estruturar o Estudo Piloto e a aplicá-lo com estudantes e arquitetos/professores dessa mesma Universidade.

Com o Estudo Piloto e os créditos das disciplinas concluídos e com a Revisão Bibliográfica em andamento, pleiteei uma bolsa de estudos, oferecida pela CAPES, através do programa PDDE (Programa de Doutorado com Estágio no Exterior), a fim de retornar à Universidade de Sheffield (Inglaterra). Durante o período em que lá estive dei continuidade à Revisão Bibliográfica. Com base em tal revisão, analisei e critiquei a metodologia empregada no Estudo Piloto a fim de elaborar o Modelo Final de Análise.

Primeiramente, no Modelo Final de Análise, ao invés de trabalhar com ambientações de espaços isolados, como havia feito no Estudo Piloto, passei a trabalhar com projetos de edificações de pequenas dimensões, por acreditar que deste modo, estaria envolvendo, no trabalho, um número maior de variáveis cognitivas do processo projetual. Também, eliminei a tarefa em que o sujeito poderia escolher entre as mídias (que havia no Estudo Piloto), já que esta além de não acrescentar dados, tornou-se um elemento de confusão na hora da análise. Passei então, a trabalhar apenas com duas tarefas isomórficas. Tomando por base as respostas dadas nas Entrevistas Semi-abertas do Estudo Piloto, defini um Questionário Fechado. Acredito que, embora a Entrevista produza um material rico, o Questionário permite, mais facilmente, a comparação entre as respostas, a busca por invariantes e o uso da análise estatística. Continuei com a filmagem; porém, ao invés de filmar todos os sujeitos conjuntamente (como no Estudo Piloto), passei a trabalhar com seções individuais com cada sujeito com a câmera focada na tela do computador (na tarefa com CAD) e no papel (na tarefa a lápis). Se trabalhasse em sessões conjuntas (com vários sujeitos ao mesmo tempo) tornar-se-ia impossível captar toda a complexidade das tarefas de cada um dos sujeitos. Portanto, acrescentei as descrições do processo projetual de cada sujeito (pensando em voz alta), após o término da tarefa, gravadas em fita cassete. Assim, procurei minimizar as falhas encontradas no Estudo Piloto. Então, apliquei o Modelo Final de Análise com sujeitos da Universidade de Sheffield para em seguida editar o material coletado.

Retornei ao Brasil com um vasto material bibliográfico coletado e com os dados dos sujeitos pesquisados na Inglaterra. O passo seguinte foi o de reler, traduzir, resumir e interpretar a bibliografia e os dados coletados. Logo após, administrei a nova metodologia em um número igual de sujeitos brasileiros para que pudesse comparar os dados à luz das teorias enfocadas e apliquei a análise estatística a fim de corroborar ou refutar minhas hipóteses iniciais. Em seguida, refleti sobre o referencial teórico e sobre os dados empíricos a fim de redigir as conclusões.

Introdução

A palavra Arquitetura apresenta-se com um significado historicamente maleável. Os mesmos objetos arquitetônicos têm inspirado interpretações diferentes através dos tempos. Desde as primeiras definições de Vitruvius até os dias de hoje a Arquitetura seguiu um longo caminho. Alguns exemplos das mudanças envolvidas com o seu significado são os novos conceitos trazidos pela lingüística e pela psicanálise. Conceitos tais como o da divisão entre significante (o objeto) e significado e da existência do inconsciente permitiram uma compreensão mais abrangente da nossa relação com o espaço construído (ARANHA e MARTINS, 1986).

Recentemente, o desenvolvimento da computação gráfica, das redes de computadores e a criação de meio-ambientes artificiais baseados na representação através do computador, permitiram a criação de novas noções espaciais tais como *ciberespaço* e *realidade virtual* (STEELE, 2001). Estas noções fazem-nos refletir sobre o que é a natureza essencial da Arquitetura. Parece-nos que a cada novo conceito criado, a história da Arquitetura e a idéia do que é Arquitetura também modificam-se. Isto é facilmente justificado, já que a forma como vemos o mundo e interpretamos o passado está diretamente relacionado ao estado do nosso conhecimento atual sobre o mundo e sobre nós mesmos. Nós sempre refletimos nossas ansiedades na forma como descrevemos o passado e imaginamos o futuro. Portanto, a ficção científica parece dizer-nos mais sobre o nosso presente do que sobre o nosso futuro. Deste modo, toda mudança em nossa percepção do mundo e de nós mesmos leva a mudanças na maneira como percebemos e fazemos Arquitetura. A forma como a humanidade tem abordado a Arquitetura tem se modificado através dos séculos de acordo com as ferramentas conceituais disponíveis no momento específico.

Parece-nos claro que não só a percepção da Arquitetura tem mudado, mas a Arquitetura em si tem sofrido grandes transformações através dos séculos. Essas mudanças ocorreram apesar da permanência e estabilidade das necessidades biológicas humanas que a Arquitetura tem que satisfazer. Variações no contexto físico, tecnológico, social e psicológico, para citar alguns elementos, normalmente demandam revisões no campo da criação arquitetônica, introduzindo novas respostas em sua prática. Portanto, a Arquitetura torna-se um produto da cultura, sendo ao mesmo tempo determinada e determinante do caráter de uma época: sob esta perspectiva o ambiente construído é o resultado de todo um sistema de valores, contribuindo fortemente para a conformação global da unicidade de seu tempo.

Vivemos atualmente em um momento crítico de ruptura onde paira uma instabilidade sobre as antigas ordens de representação e dos saberes. Acreditamos que isto se dá pela

utilização de ferramentas computacionais, visto que estas exigem uma nova atitude sobre o pensar o espaço físico durante o processo projetual para a sua concepção e representação.

Visto que os instrumentos e as técnicas utilizados no desenvolvimento do processo projetual agem como mediadores entre o arquiteto e o problema/proposta projetual, a utilização de novos recursos técnicos (estabelecendo, assim, novas formas de mediação) tendem a modificar o modo como se desenvolve o processo projetual. Assim, fatores como as habilidades cognitivas intrínsecas ao processo e os instrumentos historicamente utilizados no mesmo são especialmente importantes nesta área de pesquisa.

Apesar do surgimento e da utilização destes novos instrumentos mediadores - os computadores - até o presente momento, a maioria das pesquisas na área de concepção de projeto vem utilizando apenas os esboços a lápis, à mão livre como instrumento de análise da atividade projetual. Mas, o esboço digital como instrumento também pode ser estudado e existem pouquíssimas pesquisas relacionando os meios digital e tradicional através da análise de protocolos de projeto. A razão para este fato é que os esboços manuais têm sido mais reconhecidos como mediadores nos processos do pensamento, enquanto que se afirma que os esboços digitais não dão suporte à criatividade na fase de concepção de projeto (VERSTIJNEN et al. 1998 e ELSAS VAN e VERGEST, 1998).

Contradizendo os autores acima citados, MANDRAZO (1999) afirma que as representações digitalizadas podem oferecer uma melhor compreensão das formas, dando suporte, portanto, ao pensamento visual. MARX (2000) corroborou esta idéia, afirmando que a visualização intensiva e o retorno imediato do meio computacional influenciam o projetista a gerar, mais freqüentemente, imagens em sua mente do que o meio tradicional. No entanto, vale a pena salientar, que para se chegar a um estágio em que o *software* realmente dê suporte ao trabalho criativo, faz-se necessário o domínio do *software* utilizado, coisa que, ao que parece, não costuma acontecer.

Todas as pesquisas acima citadas fornecem evidências de que o pensamento projetual pode ser diferente na mídia digital. Tendo-se em consideração os posicionamentos distintos relativos a esse tema, os processos cognitivos dos arquitetos nas duas mídias devem ser analisados, a fim de que se possa futuramente propor maneiras de se integrar mais produtivamente o computador à fase de concepção de projeto. Como assinalam TANG e GERO (2000) uma nova geração de ferramentas CAAD (*computer-aided architectural design* – projeto arquitetônico auxiliado por computador), baseadas no comportamento projetual humano, poderá surgir a partir da utilização dos resultados das pesquisas que analisam a cognição em projetos auxiliados por computador.

Situando-se nesta problemática o presente trabalho tem por objetivo principal investigar as implicações geradas pelo uso da computação gráfica na concepção de um projeto de Arquitetura, especificamente o modo como a utilização da computação gráfica vem modificando o pensamento projetual e a interação entre o arquiteto e a proposta/problema projetual, durante a fase de concepção de um projeto arquitetônico. Entendemos esta interação segundo uma abordagem cognitiva. Assim, esta análise será feita mediante uma investigação comparativa dos processos cognitivos dos arquitetos durante a concepção do objeto arquitetônico usando ambas as mídias (mídia tradicional X mídia digital).

A principal questão desta pesquisa é: de que modo a computação gráfica tem afetado os processos cognitivos responsáveis pela concepção de um projeto arquitetônico?

Como desdobramento do nosso objetivo principal, apresentamos os seguintes objetivos específicos:

1. Compreender as relações existentes entre os métodos de construção e representação do conhecimento na concepção do espaço arquitetônico, assistido por computador, com aqueles que utilizam os instrumentos tradicionais de desenho.

2. Analisar a influência das novas tecnologias de computação gráfica nos processos cognitivos que interferem no processo de concepção de um projeto arquitetônico.

A hipótese principal de nossa tese postula que na fase específica de concepção do projeto, a mídia tradicional (lápiz e papel) ainda apresenta vantagens sobre a mídia digital (computador) devido às limitações do estado da arte de *hardware* e *software* e das estratégias de abordagem atualmente adotadas pelos arquitetos em relação à mídia digital.

A partir de nossa hipótese principal apresentamos as seguintes hipóteses secundárias:

H 1. A forma como a ferramenta computacional estrutura-se e constrói sua interface com o usuário impõe níveis de precisão, rigidez e compromisso que pressionam o arquiteto a tomar decisões antes que este esteja preparado a fazê-las;

H 2. A falta de compreensão e domínio da ferramenta computacional por parte do usuário limita a utilização da computação gráfica tornando-a mais uma ferramenta de representação do que de concepção;

H 3. Existem diferenças significativas entre as ações cognitivas dos arquitetos, na fase de concepção de projeto, quando estes utilizam mídias distintas (lápiz X CAD);

H 4. O uso da mídia tradicional favorece uma melhor compreensão do problema projetual.

No decorrer de nosso trabalho realizamos uma análise comparativa entre os processos de concepção de projeto, de Arquitetos e estudantes de Arquitetura, utilizando-se dos instrumentos tradicionais de desenho e de recursos computacionais, segundo a abordagem

cognitiva preconizada pelos modelos mentais e com o apoio metodológico da análise de protocolos.

Com este intuito, empregamos a análise de tarefas dos sujeitos em termos de metas e submetas e introduzimos o método de codificação orientado pelo conteúdo baseado nas características cognitivas dos sujeitos – este método é uma adaptação feita a partir do esquema de códigos proposto por SUWA e TVERSKY em 1997 e aprofundado por SUWA et al. (1998a), objetivando analisar o comportamento dos projetistas no meio tradicional versus o meio digital. Este esquema de códigos basicamente divide as ações cognitivas dos sujeitos em físicas, perceptivas, funcionais e conceituais. A análise das tarefas desenvolvidas juntamente com as atividades cognitivas codificadas nos permitiu ter uma perspectiva das etapas de raciocínio dos projetistas, das inter-relações entre essas etapas e das estratégias de resolução de problemas utilizadas. A mudança do instrumento no experimento permitiu-nos comparar o comportamento na resolução de problemas em diferentes mídias. Como resultado final desta pesquisa apresentamos as implicações gerais do comportamento dos projetistas na resolução de problemas e nas atividades de esboço em lápis e papel versus CAD.

A natureza interdisciplinar do problema pesquisado fez necessária a compreensão razoável de pelo menos três temáticas que deram suporte a nossa pesquisa: (1) o processo projetual arquitetônico (focando a fase inicial de concepção); (2) os processos cognitivos aplicados à Arquitetura e (3) os meios de representação arquitetônica (lápis e papel X CAD) aplicados à concepção arquitetônica. Assim, levando em consideração esta interdisciplinaridade e visando atingir os nossos objetivos e confirmar ou refutar nossas hipóteses acima citadas, estruturamos nossa tese do seguinte modo:

Primeiramente, no capítulo 1, descrevemos algumas definições de Processo Projetual. Em seguida, apresentamos como surgiram e desenvolveram-se as Metodologias Projetuais. Ainda no mesmo capítulo, apresentamos as diversas abordagens do processo projetual arquitetônico e algumas modificações geradas no mesmo pela computação gráfica; bem como, as tentativas, por parte de alguns arquitetos, de vencer as limitações do paradigma perspectivístico criando processos projetuais não deterministas a partir da utilização da computação gráfica.

No capítulo 2, apresentamos o papel da cognição neste processo projetual, abordando processos, recursos e mecanismos cognitivos. Também, tratamos o Processo Projetual como um processo de resolução de problemas, discutimos sobre a criatividade na projeção e sobre o suporte da psicologia cognitiva (modelos mentais) relevante ao nosso trabalho. Para, finalmente, nos utilizarmos da Teoria dos Modelos Mentais para explicarmos os porquês da subutilização da mídia digital na projeção arquitetônica.

No capítulo 3, analisamos a influência dos meios de representação gráfica sobre a projeção arquitetônica dando especial ênfase à atividade de esboço, que é o foco do nosso trabalho. Fizemos, ainda, um paralelo entre representação gráfica, Arquitetura, sistemas CAD e a linguagem. Historiamos as antigas ordens de representação, o surgimento e desenvolvimento da computação gráfica para, finalmente, apresentarmos a relação da computação gráfica com as técnicas perspectivas e, delinear um quadro da utilização da computação gráfica na projeção arquitetônica atual. E, finalmente, procuramos discutir e sintetizar as implicações da computação gráfica no processo de conceber a Arquitetura utilizando-nos de conteúdos e conceitos abordados nos três itens anteriores. As características e limitações das aplicações dos sistemas CAD na projeção arquitetônica são, também, apresentadas.

No capítulo 4, descrevemos a metodologia empregada para o desenvolvimento do nosso trabalho com suas respectivas etapas. Começamos apresentando outras possíveis opções metodológicas e justificando a nossa escolha, para, em seguida, detalharmos a Metodologia da Análise de Protocolos. Depois, apresentamos a sequência das etapas metodológicas, iniciando pela Revisão Bibliográfica, apresentando resumidamente o Estudo Piloto e finalizando com o Modelo Final de Análise. Descrevemos também, os instrumentos de análise; bem como, apresentamos algumas peças de evidência do experimento. Finalizamos com uma descrição de como se desenvolveria a Análise dos Dados.

No capítulo 5, tratamos os dados encontrados em nossa pesquisa empírica e apresentamos os resultados em seis seções distintas. Na primeira seção testamos nossas hipóteses. Nas seções seguintes, primeiramente, fizemos uma análise mais geral das tarefas desenvolvidas para, em seguida partirmos para análises mais específicas dos dados relacionados: aos protocolos verbais (analisados segundo suas categorias de segmentação e categorias de ações cognitivas), aos modelos mentais e aos questionários. Em cada uma das seções apresentamos uma análise estatística dos dados, resultados e conclusões.

Finalmente, no capítulo 6, apresentamos uma discussão sobre o tema, as conclusões e as recomendações para uma mídia digital de suporte à concepção de projeto. Esta discussão e as conclusões encontram-se embasadas no referencial teórico apresentado nos capítulos 1, 2 e 3; bem como, nos resultados encontrados a partir da metodologia adotada descrita no capítulo 4 e na análise dos dados empíricos coletados e apresentados no capítulo 5.

CAPÍTULO 1. O Processo Projetual Arquitetônico e as Mídias (Lápis X Computador)

“O mundo em si não tem sentido sem o nosso olhar que lhe atribui identidade, sem o nosso pensamento que lhe confere alguma ordem.” (LUFT, 2003, p. 155)

1.1. Introdução

O objetivo deste capítulo é o de apresentarmos diversos conteúdos e conceitos que facilitem a compreensão do que é o Processo Projetual a fim de compreendermos o importante papel das mídias (lápis e computador) neste processo, enfatizando as transformações que estão acontecendo no mesmo devido à mudança gradual que vem ocorrendo da utilização da mídia lápis e papel para a mídia computador.

Com este objetivo em mente, inicialmente, delinearemos uma série de tentativas de definir sinteticamente a essência do que é projetar.

Em seguida, procuraremos, a partir de uma abordagem histórica, apresentar o surgimento e desenvolvimento das Metodologias Projetuais. Logo depois, abordaremos alguns elementos e características, básicos do processo projetual, tais quais: imagem mental e imagem gráfica, processo do projeto, morfologia do projeto, tipos de design, geradores primários, linhas paralelas de pensamento, problemas e soluções projetuais e assim por diante.

Ainda neste capítulo, faremos uma disposição dos estudos sobre processos projetuais por categorias, sobretudo aqueles desenvolvidos a partir de meados da década de oitenta. A fim de atingirmos o nosso objetivo primeiro, finalmente, apresentaremos as tentativas, por parte de alguns arquitetos, de vencer as limitações do paradigma perspéctico criando processos projetuais não deterministas a partir da utilização da computação gráfica.

1.2. Definições de Processo Projetual

Na busca por uma definição para o que seria o ato de projetar, encontramos uma série de tentativas de abranger sinteticamente a essência do que é projetar. A primeira peculiaridade sobre as definições que iremos apresentar é que estas são bastante diferentes entre si.

Podemos citar a tentativa de ARCHER (1965) de oferecer uma definição metodológica afirmando que projetar é uma atividade de resolução de problemas dirigida a um objetivo; ou a definição administrativa de PAPANECK (1972) que diz que projetar é o esforço consciente de impor uma ordem significativa. JONES (1966) apresenta, inicialmente, uma definição mais mística quando afirma que projetar é realizar um ato de fé de extrema complexidade e, posteriormente, o próprio JONES (1980) conclui que o efeito da projeção é o de iniciar mudança nas coisas feitas pelo homem.

Também, podemos citar definições menos concisas como a de BERTOL (1994), que afirma que projetar é um modo de desenvolver e expressar idéias que precede a realização do artefato; é a ponte entre a descrição geométrica do espaço e a Arquitetura construída e não é necessariamente um ato de inspiração. A projeção, na verdade, pode ser vista como um processo parcialmente lógico, a partir da combinação dos raciocínios indutivos e dedutivos e parcialmente intuitivos.

ASIMOW (1962), definiu a projeção como a tomada de decisão diante da incerteza, com altas penalidades no caso do erro. Já para ALEXANDER (1967) o principal objetivo da projeção é a forma e todo problema projetual começa a partir do esforço do arquiteto em casar a forma com o seu contexto. A forma é a solução do problema enquanto que o contexto define o problema.

Ao mesmo tempo, existe quase que um consenso geral entre alguns autores que afirmam que a projeção constitui-se em um comportamento propositado que é dirigido para o planejamento de artefatos que atinjam determinados objetivos enquanto conforma-se a determinadas limitações (AKIN, 1986; MITCHELL, 1977). Outros ainda, definem a projeção como o processo iterativo de tentativa e erro, que depende fortemente do conhecimento e da experiência (KALAY, 1985). E, ainda outros, afirmam que a projeção compartilha características comuns com os conceitos dos processos de resolução de problemas gerais que foram definidos por NEWELL e SIMON (1972). Segundo estes autores, a resolução de problemas pode ser definida e caracterizada como um processo de busca de alternativas através do espaço de soluções, a fim de descobrir um estado que case com os critérios específicos determinados anteriormente. Eles também afirmaram que uma pessoa se confronta com um problema quando ela deseja algo e não sabe imediatamente que série de ações tomar para consegui-lo.

Poderíamos estender-nos por páginas e páginas com inúmeras citações. No entanto, projetar tem muitas facetas que não podem ser sucintamente descritas em termos exatos. LAWSON (1997a), na tentativa de compreender a projeção, sugeriu que não devemos realmente encontrar uma única definição satisfatória e que a busca é mais importante de que o encontro.

Na verdade, em nosso trabalho, adotamos as colocações de SCHÖN (1988) sobre o processo projetual arquitetônico. Para ele, o processo projetual é um processo complexo, pois além de envolver uma atividade tecnológica, um processo criativo, um processamento de informações e a estruturação e resolução de problemas, ele tem seu eixo centrado além de tudo isso. O processo projetual é *“um tipo de fazer”*, *“um tipo de conversação entre sujeitos e instrumentos de representação”*, *“um diálogo com o fenômeno de um lugar em particular”*,

(SCHÖN, 1988, p. 181-190). Este processo está, primeiro, diretamente ligado às representações de objetos que poderão ou não fazer parte do mundo físico ou real; segundo, embasado sobre um conjunto de relações sociais, culturais e históricas (carecendo de neutralidade) onde os instrumentos de representação e o tipo de mediação são importantíssimos durante todo o processo. Para SCHÖN (1988), o que os arquitetos fazem são representações de coisas a serem construídas, onde esboços, diagramas e modelos funcionam como mundos virtuais (representações do mundo real) nos quais os arquitetos testam possibilidades revelando qualidades e relações inimagináveis anteriormente.

Tendo realizado uma discussão sobre as definições de processo projetual, apresentaremos, a seguir, a partir de uma abordagem histórica, o surgimento e o desenvolvimento das Metodologias Projetuais.

1.3. O Surgimento e o Desenvolvimento das Metodologias Projetuais

No passado, a projeção desenvolvia-se através da evolução do artesanato. Antes de se projetar usando o lápis e papel, o homem criava objetos para satisfazer suas necessidades (como abrigos, ferramentas, utensílios e meios de transporte). Estes objetos eram criados baseando-se praticamente em requerimentos funcionais e nas influências do meio ambiente. Este processo carecia de uma base teórica. As habilidades envolvidas em se fazer um objeto eram passadas entre gerações sem usar qualquer forma sistemática de transferência do conhecimento.

Devido ao progresso da tecnologia moderna, dos materiais de construção e através da industrialização, o processo projetual evoluiu gradualmente para o que JONES (1980) denominou de *‘projeção através do desenho’*, na qual se fazia necessário desenhar um objeto antes de executá-lo. A partir de uma retrospectiva histórica, BOUTINET (1990) explica o surgimento de uma metodologia projetual, criada por Brunelleschi. Esta é aceita como a fundamentação do procedimento utilizado, até hoje, pelos arquitetos. Foi solicitada, a Brunelleschi, a criação de um domo para uma basílica existente (Basílica de Sancta Maria Del Fiore, Florença – vide figura 1.1 a seguir). Ele ousou ao utilizar-se de um procedimento especulativo: um plano prévio, para o qual a perspectiva foi essencial. Este momento histórico marca o surgimento de uma metodologia projetual onde o projeto aparece como ato criador, tanto como resposta a uma exigência social quanto como ato personalizado, fruto da intenção e criação do arquiteto. Esta nova metodologia projetual separou o ato de projetar do ato de fazer, o que enfraqueceu a autonomia e a autoridade do artesão sobre o seu trabalho. Este processo reconheceu a importância e o poder do desenho, colocando-o como meio essencial na projeção.

Figura 1.1 - Basílica de Sancta Maria Del Fiore, Florença
 Fonte: <http://www.kittycooper.com/cruise/FlorenceDuomo.html>



MITCHELL e MCCULLOUGH (1995) descrevem três importantes revoluções tecnológicas que transformaram nossa vida econômica, social e cultural e afetaram profundamente a Arquitetura: a Revolução da Agricultura, a Revolução Industrial e a Revolução da Informática. Enquanto a Revolução da Agricultura levou alguns milhares de anos e a Revolução Industrial levou algumas centenas de anos; a terceira Revolução, a da Informática, começou logo após a Segunda Guerra Mundial e espalhou-se através do mundo em poucas décadas. Nesta era pós-industrial, o armazenamento, o processamento e a disseminação da informação vêm dominando a vida econômica.

Ao mesmo tempo, TSCHUMI (1997) enumera historicamente as dissociações entre os arquitetos, o fazer, o processo e a construção:

“Primeira dissociação: não é o arquiteto que constrói, é o pedreiro e o carpinteiro. Segunda dissociação: não é o arquiteto que define os métodos construtivos, é a indústria da construção. Terceira dissociação: não é o arquiteto de concepção que faz os planos de execução das obras, é o arquiteto operacional (e breve as empresas elas mesmas)” (p.35).

Para TSCHUM (1997), a primeira dissociação ocorreu na renascença, com o nascimento da Arquitetura como profissão tal como a entendemos hoje; a segunda dissociação aconteceu durante a Revolução Industrial; a terceira dissociação é mais recente e surgiu com as especializações da profissão. Ele também acredita em mais outra possível dissociação, a mais recente de todas, a da era da informática, onde o arquiteto tem tido cada vez menos controle sobre o ato de instruir e produzir a representação gráfica do projeto. Esta última dissociação está ligada ao fato de que esta tarefa vem sendo desempenhada pelos

programadores de *software*, delineando mais uma possível dissociação, aquela entre o projeto e sua representação.

Antes de historiarmos o surgimento dos novos métodos e metodologias projetuais, apresentaremos a distinção feita por MENEZES (1997) entre método e metodologia. Segundo Menezes, o método projetual - “*detalhamento de como quem projeta, trabalha*” - faria parte da metodologia projetual - “*como quem projeta compõe suas regras internas, como raciocina*” - e para o desenvolvimento da metodologia poderiam existir diversos métodos (p. 56-57). Uma metodologia projetual tenta, na verdade, criar procedimentos razoavelmente bem definidos que permitem que os projetistas projetem edificações melhores (ALEXANDER, 1971).

OLIVEIRA (1979), falando sobre metodologias projetuais, afirma que C. Jones e C. Alexander foram pioneiros no desenvolvimento de novos métodos para a projeção arquitetônica. Alexander trilhou um caminho científico, já Jones procurou conciliar os métodos científicos com os métodos intuitivos e esta é, atualmente, a tendência filosófica da maioria dos pensadores e críticos de Arquitetura.

O trabalho inicial de Christopher ALEXANDER (1967) sobre técnicas de decomposição do projeto foi de grande importância ao surgimento do movimento de metodologias de projeto. Alexander, na busca por uma teoria projetual, inicialmente, propôs a automação computacional da concepção arquitetônica, decompondo hierarquicamente o problema em subproblemas.

Após trabalhar algum tempo neste enfoque racionalista da projeção, Alexander tomou um rumo extremo sugerindo um outro grau de abstração (maior do que o da representação mongeana) através de símbolos matemáticos. Segundo ALEXANDER (1967), a forma não era apenas determinada pela Geometria, sendo fundamental a definição do contexto e suas variáveis. Deste modo, seu método é considerado pioneiro, por extrapolar os limites da representação arquitetônica tal como a utilizamos hoje. Ele utilizava-se de gráficos e da teoria dos conjuntos para estruturar os problemas projetuais, produzindo uma representação composta por um conjunto de padrões (formas e contextos) em forma de diagramas, especificando as partes do problema e como estas relacionam-se entre si e com o todo. Para Alexander, o problema de qualquer projeto consistia em determinar as variáveis relevantes e hierarquizá-las em um diagrama, onde a base corresponde à raiz do problema e os ramos à divisão do mesmo em outros menores. Ele queria ser capaz de descrever o passo a passo lógico do processo projetual porque isto asseguraria que ele realmente saberia com precisão o que estava fazendo.

Apesar de ser um projeto ousado, Alexander, quando entrevistado pela DMG Newsletter em 1971, já encontrava-se totalmente desiludido com os métodos projetuais e mais especificamente com as metodologias projetuais. Seu conselho, nessa época, foi o de esquecer tudo o que ele e outros haviam dito sobre metodologias projetuais, por acreditar que o desenvolvimento e o estudo das metodologias projetuais tinham falhado em sua tarefa mais importante: a de projetar e construir edifícios melhores (ALEXANDER, 1971).

Nesta entrevista, ALEXANDER (1971) é freqüentemente mordaz em suas observações sobre métodos e metodologias projetuais, sugerindo que os métodos tornaram-se irrelevantes para a projeção na vida real e que o estudo sobre metodologia tornou-se uma preocupação sem sentido e uma desculpa para os que receiam se engajar em uma atividade projetual verdadeira. Naquele momento, havia um sentimento de que o movimento de métodos projetuais estava ‘morrendo’.

Embora limitado para o emprego em Arquitetura, o método de Alexander teve, na verdade, um grande significado como contribuição aos estudos e experiências no uso de computadores na projeção. Tal fato pode ser explicado pela aplicabilidade deste instrumento no processamento de relações entre grandes quantidades de informação, como é o caso do trabalho com as variáveis concorrentes no processo projetual.

Um ano mais tarde, houve uma grande tentativa de ressurreição das metodologias projetuais, alavancada pela entrevista de Horst Rittel, outro importante nome do movimento de métodos projetuais. RITTEL (1972) concorda que a maioria dos trabalhos iniciais sobre métodos projetuais foi infrutífera e propõe o conceito de ‘gerações’ de métodos projetuais. Esta foi uma idéia brilhante porque permitiu que a ‘primeira geração’ de métodos projetuais findasse enquanto o movimento em si poderia sobreviver desenvolvendo uma ‘segunda geração’ de métodos projetuais. De acordo com RITTEL (1972), a primeira geração de métodos baseava-se em premissas erradas e por isso não se tornaram realmente úteis à projeção. Esses métodos haviam surgido a partir das técnicas da Engenharia de Sistemas e, portanto, não se adequavam totalmente aos problemas mal formulados do planejamento e da projeção. Na tentativa de aplicá-los, lições foram aprendidas e um novo modo de solucionar problemas pode surgir. Rittel propôs vários princípios para os métodos da segunda geração. Talvez, o mais importante deles seja o que afirma que o processo projetual baseia-se em uma estrutura argumentativa e que a perícia e o conhecimento relevante distribui-se por uma grande variedade de sujeitos. Portanto, os métodos da segunda geração apresentam uma abordagem mais participativa da projeção.

Este novo enfoque refletia os movimentos do final dos anos sessenta e do início dos anos setenta, da abertura do processo projetual para incluir a participação de leigos. Tanto

Rittel quanto Alexander sugeriram que uma maior participação na projeção era um fator fundamental para as mudanças de perspectiva sobre os métodos de projeção.

JONES (1977), outro pesquisador importante do movimento de métodos projetuais, assim como Alexander e Rittel, mudou radicalmente sua abordagem durante os anos setenta, rejeitando grande parte de seu trabalho inicial. Ele passou a procurar por novos métodos de abordagem não apenas para o planejamento e a projeção, mas também para a arte e a vida em geral. Jones reagiu fortemente contra a direção que o movimento de métodos projetuais estava tomando, contra a linguagem de máquina, o behaviorismo e a tentativa contínua de se encaixar o todo da vida em uma estrutura lógica. Suas novas contribuições ao movimento foram difíceis de serem aceitas; afinal de contas, a eventualidade e o acaso são normalmente considerados como a antítese do planejamento e da projeção. No entanto, a utilização de procedimentos randômicos é simplesmente uma técnica que assim como outros métodos projetuais corporifica uma decisão racional de permitir que o acaso desempenhe o papel principal no processo de composição. Assim como Alexander e Rittel, Jones assumia um posicionamento oposto ao dos planejadores que decidiam como cada um deveria viver e sua visão predominou no desenvolvimento dos métodos projetuais da segunda geração em meados dos anos setenta.

No final dos anos setenta, BROADBENT (1979) narrou a ascensão e a queda da primeira e da segunda geração de métodos projetuais e propôs as premissas para uma terceira geração. Muitos escritores encontravam dificuldades em citar bons exemplos do uso dos métodos projetuais. Mas, Broadbent citou exemplos da aplicação bem sucedida da primeira e da segunda gerações de métodos projetuais e os utilizou para mostrar o que havia de errado com tais métodos. Seu exemplo de uma aplicação bem sucedida de um método da primeira geração é a Disney World na Flórida. Esta comunidade planejada usa técnicas racionais, tais quais a teoria das filas, a fim de controlar as atividades programadas de seus habitantes temporários, explicitando o tão temido planejamento behaviorista. Broadbent também critica os métodos projetuais da segunda geração tomando por exemplo as inadequações dos edifícios na Universidade de Louvain na Bélgica, a qual foi projetada utilizando-se métodos participativos.

Broadbent, então, preconiza uma terceira geração de métodos projetuais baseada no método científico de conjecturas e refutações de Popper. Ele sugere que cabe ao projetista fazer conjecturas técnicas de projeto, mas que estas devem estar abertas a contestações e rejeições feitas pelos indivíduos que irão experienciar o espaço construído. Deste modo, ele pretende basear-se nos métodos da primeira e segunda gerações extraindo e sintetizando os melhores aspectos dos mesmos. Broadbent, ao contrário de Alexander, está bastante satisfeito

com o desenvolvimento dos métodos de projeto e conclui afirmando que “*os métodos de projeção estão vivos e passam bem*” BROADBENT (1979, p. 45).

Também, ao final dos anos setenta, ARCHER (1979) apresentou uma atitude bastante positiva do estado da arte dos métodos projetuais. Ele acreditava que há um modo de se pensar e comunicar durante a projeção que difere do modo científico e escolar, embora seja tão poderoso quanto este e bastante apropriado para os tipos de problemas mal formulados (problemas projetuais) que os projetistas tentam resolver. Portanto, para Archer, o que estava errado com alguns métodos projetuais matemáticos e lógicos é que eles eram o produto de um modo de raciocínio discrepante do raciocínio projetual. Ele afirma que os problemas projetuais são problemas reais da vida diária; logo, os métodos para resolvê-los estão profundamente enraizados na natureza humana. Portanto, a metodologia projetual deve basear-se no estudo das capacidades humanas inatas e fundamentais.

Acreditamos que estas pesquisas sobre métodos e metodologias projetuais construíram uma base sobre a qual novas pesquisas vêm sendo realizadas na tentativa de se compreender esta atividade complexa que é a projeção. Acreditamos ainda, que os métodos de projeção não deveriam tentar imitar os métodos científicos; mas, sim basear-se nos modos de pensar e atuar que são naturais aos seres humanos durante a projeção. É a partir deste ponto de vista que a metodologia projetual pode desempenhar um papel válido no desenvolvimento da pesquisa projetual, na educação projetual e na prática projetual. Porém, sem perder de vista que, a partir do conhecimento e reflexão sobre várias metodologias, cada indivíduo irá desenvolver seu próprio modo de pensar o projeto e, partindo de adaptações e combinações de métodos projetuais existentes e ensinados, gerar uma abordagem própria e individual de projetar.

1.4. Características do Processo Projetual

Durante o processo projetual, uma idéia inicial vai sendo transformada em algo compreensível a fim de ser comunicada. O processo projetual compreende dois tipos de imagem – a mental e a gráfica. Assim, projetar é um processo que leva à criação de algo através de uma relação dialógica entre uma idéia e uma forma, processo este permeado pela imaginação e fantasia e também pelo domínio (ou não) de um meio de representação. Ao longo do processo projetual, a informação vai sendo convertida em conhecimento.

No processo projetual, a formulação do problema, ou seja, a especificação dos critérios para a obtenção de uma solução, apresenta uma descrição ambígua do objetivo projetual, isto é, estes critérios podem ser satisfeitos através de uma série de possibilidades. A formulação do problema define o espaço do problema, o qual é derivado de todas as formas

concebíveis incluindo a forma para o estado presente e, possivelmente, formas para soluções possíveis. Durante o processo projetual, a pesquisa também procede através de passos de ponto a ponto através do espaço do problema. Um passo é efetuado através da aplicação de uma operação mental (ou transformação simbólica) da forma corrente, transformando a mesma em outra forma. As operações são selecionadas e executadas a fim de se alcançar uma forma que satisfaça os critérios formulados. Tanto a formulação quanto a pesquisa são ativadas através de todo o processo projetual; porém, a formulação geralmente domina as fases iniciais e a pesquisa domina as fases posteriores.

O processo projetual arquitetônico proporciona relações em escala individual e coletiva. Na escala individual, estamos referindo-nos à atividade intelectual do ato criativo de projetar. A escala coletiva concentra-se no processo social da projeção compreendendo uma intrincada trama de sujeitos, instrumentos e modos de representação e fenômenos de um lugar (físico ou virtual).

NAVEIRO e BORGES (1998), em concordância com LAWSON (1997a), afirmam que um projeto é um problema aberto, pois os condicionantes do processo são incapazes de delimitar o espaço de soluções e só durante o desenvolvimento do projeto o problema é estruturado. “*A informação gerada em cada etapa é transformada na fase seguinte*” e tal estruturação serve de parâmetro para analisar a função da representação durante a projeção arquitetônica (p. 51).

SCHÖN (1988), visando demonstrar a complexidade de se elaborar uma teoria projetual, aponta quatro aspectos dificultantes que denomina de *tensões fundamentais*: (1) comumente o arquiteto não é capaz de descrever o que sabe e quais os métodos adotados durante a atividade projetual; (2) apesar de cada projeto ser tratado como fruto de uma situação única através de julgamentos e percepções particulares, existe um raciocínio projetual com algumas regras gerais; (3) quem projeta, constrói seu conhecimento de forma cumulativa, desenvolvendo conhecimento em um projeto e levando-o para os próximos; (4) projetar é um processo social envolvendo muitas pessoas com papéis e interesses diversos.

MENEZES (1997) ressalta que para se construir uma teoria é necessário reunir os conhecimentos existentes em uma área específica. No caso da teoria projetual, esta tem uma relação muito forte com o modo de fazer e pode ser considerada como uma descrição do próprio processo projetual.

O modelo de projetar, largamente utilizado no mercado brasileiro, caracterizado pela busca da linearidade, tem dividido o projeto arquitetônico em quatro fases distintas: definição do programa de necessidades, estudos preliminares, anteprojeto e projeto executivo (NAVEIRO e BORGES, 1998). Cada uma destas fases apresentando escalas, linguagem

gráfica e aprofundamento de decisões distintos. No entanto, em relação ao embasamento teórico da projeção são geralmente apontadas três fases dentro do processo projetual: “*análise, síntese e avaliação (...) estas três fases são intimamente ligadas e o desenrolar do processo não tem nada de linear*” (GOULETTE, 1997, p. 254). A ‘análise’ envolve a identificação e investigação do problema, a listagem dos requerimentos, a exploração das relações, o ordenamento das mesmas, a procura por padrões na informação disponível, o esclarecimento dos objetivos e a decomposição do problema em subproblemas. A ‘síntese’, por outro lado, é caracterizada pela tentativa de mover-se adiante e criar respostas ao problema, recompondo os subproblemas de modos diferentes e assim gerando soluções possíveis. A ‘avaliação’ checa o desempenho das novas estruturas a partir de uma avaliação crítica das soluções sugeridas de acordo com os objetivos identificados na fase de análise (LAWSON, 1997a). Os arquitetos passam através dessas três fases de modo quase simultâneo. Em muitos casos, é apenas após a síntese da solução que os arquitetos são capazes de detectar e compreender aspectos importantes e requerimentos do problema projetual. LAWSON (1997a) denominou este fenômeno de ‘*análise através da síntese*’.

JONES (1980) pesquisou os métodos projetuais segundo três preceitos básicos: (1) o da criatividade, que vê o arquiteto como uma ‘*black box*’ (caixa preta) na qual os mecanismos intelectuais de elaboração projetual são obscuros; (2) o da racionalidade, que vê o arquiteto como uma ‘*glass box*’ (caixa de vidro) na qual os mecanismos são transparentes podendo ser observados e quantificados e (3) o do controle do processo, no qual o sistema é auto-organizado e o processo é passível de controle estratégico, por meio de vários fatores como a compatibilidade entre os membros, constância na revisão das decisões, identificação de informações importantes etc.

Em Arquitetura, é comum a associação feita entre o processo projetual e a metáfora da *black box* (caixa preta), evitando-se a consideração de métodos projetuais. Dá-se assim, mais destaque à natureza criativa da projeção em detrimento da natureza cognitiva (esta, sim, tida como coerente com a noção de método). A ocorrência deste fato dá-se pela separação errônea entre processos cognitivos e processos criativos e pela noção de se atrelar a criatividade à idéia de ‘artístico’, considerando-a como sendo oposta ao técnico e racional. Não concordamos, neste trabalho, com esta visão, por não conseguirmos conceber a criatividade dissociada da cognição.

ASIMOW (1962, apud BROADBENT, 1988) propõe a existência de duas estruturas distintas no processo projetual: uma vertical e outra horizontal. A estrutura vertical envolve uma sucessão de atividades e a horizontal é representada por um ciclo de tomada de decisões, podendo ser usado em todas as fases da sequência de atividades. A estrutura horizontal,

denominada de processo do projeto, envolve as ações de análise, síntese, avaliação e decisão. A vertical, denominada de morfologia do projeto, é composta de: estudo de viabilidades, projeto preliminar, projeto detalhado, plano de produção e produção propriamente dita. Um dos fatores mais importantes desta abordagem é a afirmação de que as ações de análise, síntese, avaliação e validação formam um ciclo que percorre todo o processo projetual. BROADBENT (1988), no entanto, critica a terminologia de Asimow. Para ele, o processo projetual é um modo de se organizar a ordem em que se cumpre um grande número de operações enquanto que a seqüência de decisões (análise, síntese, avaliação e validação) é que compõe a metodologia. Estes trabalhos sejam como proposta metodológica ou como modelo para a compreensão do processo projetual, apresentam uma relação muito próxima com as teorias psicológicas sobre processos cognitivos que serão abordadas no capítulo 2.

A projeção também pode ser vista como um tipo de aprendizado no qual habilidades e perícias são adquiridas após o aprendizado de técnicas básicas, assimilando conhecimentos gerais e de domínio específico e inspecionando exemplos bons do passado. As perícias adquiridas, no entanto, são freqüentemente tácitas e implícitas. Até mesmo os projetistas qualificados não são capazes de articular com precisão que tipo de perícias usam projetando e como o fazem. Este tem sido um dos principais problemas na comunidade de projeto, especialmente no sentido pedagógico.

1.4.1. Os Tipos de Design de Broadbent

Ainda na tentativa de compreender o processo projetual arquitetônico existem as abordagens que analisam a geração das formas arquitetônicas pelos arquitetos. BROADBENT (1988) apresenta este tipo de abordagem. Ele, em seu livro *'Design in Architecture'*, descreve quatro *'tipos de design'*: pragmático, icônico, canônico e analógico. Porém, no *postscript* do livro ele faz uma releitura dos mesmos, alterando dois destes nomes e estabelecendo relações entre estes *'tipos de design'* e o uso da computação gráfica.

No design pragmático, os materiais, os métodos construtivos e os fatores físicos fundamentam o processo projetual. Geralmente, os materiais tradicionais e as técnicas estabelecidas são selecionados sem muita inovação. A computação gráfica adequa-se a esta modalidade através dos procedimentos de modelagem e simulação.

No design tipológico, o projetista trabalha com tipos ou modelos conhecidos e pré-estabelecidos muitas vezes copiando soluções existentes. Os especuladores imobiliários parecem adequar-se a este modo de trabalho quando reproduzem uma residência tipo em áreas distintas. É compatível com a utilização dos bancos de dados, onde modelos são armazenados para o uso posterior.

No design sintático, o projetista trabalha com um sistema baseado em regras (frequentemente geométricas) tais quais malhas reguladoras, sistemas de proporção e assim por diante. O ‘Modulor’ de Le Corbusier pode ser visto como uma tentativa recente de produzir regras sintáticas que produziam uma projeção tipológica. A sua adequação à utilização de computadores é evidente.

No design analógico, o destaque é para a criatividade, envolvendo o uso de formas e imagens analógicas e metafóricas em relação a outros campos ou contextos criando uma nova maneira de estruturar o problema, ressaltando assim, a importância das imagens mentais do projetista. Podemos citar como exemplo o uso de formas orgânicas na Arquitetura. A computação gráfica pode ser usada como um sistema de armazenamento de imagens, antes guardadas no papel ou na memória do arquiteto.

Os ‘tipos de design’ analisados por Broadbent seguem uma ótica individual da atividade projetual; porém, vale salientar que quando ele aborda o processo projetual, ele afirma ser um processo não linear e caracteriza o que chama de ‘*design territory*’ que pode ser explorado a partir de qualquer ponto, confirmando a necessária flexibilização, porém possível formalização, do processo projetual.

Broadbent ressalta que os arquitetos utilizam mais de uma maneira de gerar formas tridimensionais durante o processo projetual, mesmo que privilegiem uma delas. O autor considera o modo analógico como o mais poderoso como gerador de idéias e formas criativas e adverte para as influências exercidas pelos meios usados (desenhos, maquetes, programas de computador) sobre a atividade arquitetônica. Ele também afirma que, de modo geral, os métodos sistemáticos da projeção são, muitas vezes, tão complexos e abstratos que poucos arquitetos acreditam na sua validade e aplicabilidade em uma situação real.

1.4.2. Os Geradores Primários

Os projetistas, no começo da projeção, normalmente, possuem uma idéia geral e difusa sobre os requerimentos e objetivos bem como um vago conceito sobre como a forma da solução deveria ser a fim de realizá-los. Estes não começam com uma análise sistemática do problema; mas, com alguns poucos objetivos simples, usualmente supervalorizados e impositivos, a fim de alcançar um conceito inicial ou conjectura. DARKE (1979) denominou estes conceitos ou objetivos iniciais que geram uma solução de ‘*geradores primários*’. Os projetistas utilizam-se de princípios-guia e geradores primários no início da projeção. Os princípios-guia parecem fornecer motivação aos arquitetos. A projeção pode ser vista como um programa contínuo de pesquisa, desenvolvendo a compreensão das idéias por trás destes princípios. Os ‘*geradores primários*’ (idéias cruciais, conceitos-chave ou objetivos

específicos) agem como hipóteses, capacitando os arquitetos a explorar as inadequações de suas soluções ainda mal estruturadas e através disto, a aprender mais sobre o problema. Os geradores primários têm o papel de fornecer ao projetista um caminho de entrada para o problema, fornecendo uma solução alternativa. Os geradores primários podem ser fortemente influenciados pelos princípios-guia.

1.4.3. As Linhas Paralelas do Pensamento

A projeção é, sem dúvida, um processo desorganizado, vago e extremamente complexo que envolve períodos de concentração intensa bem como de reflexão quieta. No entanto, parece-nos claro que, dentre as habilidades chave para um bom arquiteto está a geração divergente de modos alternativos de ver as coisas e sua eventual resolução convergente em uma solução única. Acima de tudo, o que nos faz descrever um arquiteto como criativo é sua habilidade de manter idéias incompletas e possivelmente conflitantes, que são as *‘linhas paralelas de pensamento’* (LAWSON, 1998), permitindo que estas coexistam, confiante de que, estas serão, de algum modo, resolvidas, mas sem forçar esta convergência cedo demais durante o processo. Estas linhas paralelas de pensamento são argumentos sobre alguns aspectos do projeto, que podem tornar-se bastante sofisticados e bastante desenvolvidos dentro deles mesmos, enquanto permanecem ainda não resolvidos na sua correlação com outros aspectos do projeto. Aprofundaremos sobre as linhas paralelas de pensamento no item 2.4 do capítulo 2.

1.4.4. Problemas Projetuais X Soluções Projetuais

Embora o processo projetual não possa ser descrito puramente como uma resolução de problemas, esta abordagem tem mostrado-se uma das mais apropriadas para a compreensão do processo projetual. Na Psicologia Cognitiva, as atividades projetuais são descritas como situações de resolução de problemas específicos, considerados ao mesmo tempo mal definidos e em aberto, requerendo uma interpretação subjetiva. Estes são considerados mal definidos porque os arquitetos têm, inicialmente, só uma representação mental incompleta e imprecisa das metas do projeto (EASTMAN, 1969 e SIMON, 1973). A representação mental dos arquitetos evolui à medida que a resolução do problema progride. Esta especificidade dos problemas projetuais foi descrita como baseada em uma dialética interativa entre a composição do problema e a resolução do problema (SCHÖN, 1995 e SIMON, 1995). Para resumir este processo, durante a composição do problema, os arquitetos refinam metas projetuais e especificações e, assim, refinam sua representação mental do problema. Durante a

resolução do problema, os arquitetos elaboram soluções e as avaliam de acordo com vários critérios e limitações (BONNARDEL, 1991 e BONNARDEL, 1993). Essas limitações são geralmente de dois tipos: ditadas pelas leis da natureza e ditadas pelas leis sociais, políticas, legais, econômicas e assim por diante. Este tipo de atividade projetual requer do projetista uma considerável quantidade de conhecimento além do que está determinado na descrição do problema. Assim, cada arquiteto constrói sua própria representação do problema projetual e lida de fato com um problema que tornou-se específico para este arquiteto. Realmente, arquitetos diferentes lidando com o mesmo problema, desenvolvem idéias distintas e alcançam soluções diferentes (BISSERET et al., 1988). Portanto, problemas projetuais também são considerados em aberto porque, normalmente, não há uma única solução reconhecidamente correta para um determinado problema; mas, ao invés disto uma infinidade de soluções potenciais aceitáveis.

Também, não existe uma avaliação objetiva do tipo verdadeira ou falsa para uma solução; mas, as soluções são avaliadas como sendo boas ou más, melhores ou piores, apropriadas ou inapropriadas ou ainda, como satisfatórias ou suficientemente boas. Cada solução poderá se mostrar mais ou menos satisfatória de modos diferentes para clientes ou usuários distintos. Não existe um método estabelecido que possa julgar quão boa ou ruim é uma solução, a melhor avaliação ainda é esperar e ver quão bem esta funciona na prática. As soluções de projeto nunca podem ser perfeitas e são freqüentemente mais facilmente criticadas do que criadas e os projetistas devem aceitar que eles irão quase que invariavelmente parecer errados de alguns modos para algumas pessoas (FUSTIER, 1989).

LAWSON (1997a) afirma que a projeção em si começa bem antes que o problema seja compreendido, é um processo no qual problema e solução emergem juntos, um não precede o outro. Já que o problema, usualmente, não pode ser completamente entendido sem algumas soluções possíveis que o ilustrem. Propor soluções é um meio de se compreender o problema. O problema e a solução tornam-se mais claros à medida que o processo segue adiante. Portanto, usaremos o termo problema/proposta projetual toda vez que estivermos referindo-nos ao objeto central do processo projetual. MEDEIROS (2001), referindo-se a problemas matemáticos e ao entendimento de seus enunciados verbais, afirma que “...um problema só é problema porque tudo não é dito para o encaminhamento de sua solução” (p. 228).

CROSS (1989) afirmou que até mesmo a definição mais precisa de um problema não dá uma indicação de como será a solução. É esta incerteza que torna a projeção uma atividade tão desafiadora. Ele denominou os problemas projetuais de ‘*problemas mal definidos*’ ou ‘*problemas mal estruturados*’, contrastando com os problemas bem definidos ou

bem estruturados tais quais jogar xadrez, palavras cruzadas ou cálculos matemáticos. Os problemas bem definidos apresentam um objetivo claro, frequentemente uma resposta correta e regras ou caminhos conhecidos de procedimento que irão gerar uma resposta.

RITTEL e WEBBER (1973 b) foram além e denominaram os problemas projetuais de *wicked problems* (problemas mal formados). Isto significa dizer que estes problemas resistem a definições completas e carecem da clareza encontrada na formulação nos problemas científicos. Eles são o tipo de problema em que a informação de que você precisa para compreendê-los depende de suas idéias para resolvê-lo.

Várias pesquisas sobre resolução de problemas indicam que os problemas bem estruturados, tais quais os geométricos e físicos e os problemas mal estruturados, tais quais os problemas projetuais, são solucionados de modos distintos. Os projetistas, frequentemente, tentam representar os problemas diferentemente e também, usam estratégias distintas para resolvê-los (SIMON, 1973; RITTEL e WEBBER, 1973a; AKIN, 1986).

LAWSON (1984; 1979) conduziu alguns experimentos de laboratório que mostraram que estudantes de Arquitetura desenvolvem um estilo cognitivo bastante distinto dos estudantes das ciências. Enquanto os estudantes de ciência preferem analisar um problema projetual antes, na tentativa de sintetizá-lo, buscando regras básicas que os permitam gerar a solução correta ou ótima, em contraste, os estudantes de Arquitetura normalmente desenvolvem uma variedade de soluções possíveis bem antes de terem compreendido o problema, até que encontrem uma que considerem satisfatória. Podemos, então, afirmar que enquanto os estudantes de ciência parecem focar o problema, resolvendo-o através da análise; os estudantes de Arquitetura apresentam uma abordagem focada na solução, resolvendo o problema através da síntese. E, já que os problemas projetuais são mal definidos, incapazes de apresentar uma descrição completa e a projeção é uma atividade prescritiva mais que descritiva, esta parece ser uma adaptação sensata à situação. Segundo LAWSON (1997a), as estratégias desenvolvidas pelos cientistas e arquitetos refletem os seus respectivos métodos educacionais. Pois, o arquiteto é ensinado, principalmente, através do exemplo e da prática e é julgado pela solução produzida e não pelo método utilizado. Enquanto que o cientista é ensinado através de conceitos e métodos de demonstração da validade destes conceitos e os exercícios são, na verdade, exemplos, objetivando demonstrar que os princípios aprendidos têm uma aplicabilidade.

A dificuldade encontrada pelo projetista, diferentemente do artista (pintor, escultor), é que o problema em mãos não pode ser controlado. Um edifício deve satisfazer a vários requerimentos: do cliente, dos usuários, da legislação, do tempo, do preço determinado, da

permanência, da sustentabilidade etc. Tudo isso é suficientemente difícil sem se tentar criar o que chamamos de Arquitetura. Portanto, a tarefa que os arquitetos enfrentam é a de tentar conjugar um grande número de características distintas e resolver critérios incompatíveis.

Outras pesquisas mostram-nos que os projetistas experientes são diferenciados dos novatos, não por saberem mais sobre problemas, mas por saberem mais sobre soluções (LAWSON, 1979). Eles compreendem mais os problemas experimentando soluções do que através de uma análise abstrata. Um estudo conduzido por AKIN (1986), comparando projetistas experientes e novatos, concluiu que os projetistas novatos começam a projetar a partir dos requerimentos até chegar aos conceitos mais abstratos, enquanto que os experientes desenvolvem um cenário, com uma grande gama de conhecimento funcional, a fim de capturar características mais amplas do projeto. Em outro estudo, SCHÖN e WIGGINS (1992) explicam que enquanto os projetistas novatos começam a trabalhar em apenas um domínio, os experientes trabalham, simultaneamente, em vários domínios.

Os projetistas tendem a decompor os problemas mal estruturados em vários subproblemas (SIMON, 1973). De acordo com ROWE (1987), quando lidando com problemas projetuais arquitetônicos, os projetistas primeiro dividem os problemas em várias categorias diferentes; depois resolvem os problemas em cada categoria e então sintetizam estas soluções conjuntamente.

No entanto, CONDOOR et al. (1992) observou que, muitas vezes, os estudos descritivos descobrem comportamentos que contradizem os modelos projetuais teóricos dos livros. Especificamente, os estudantes inexperientes apresentam: (1) uma ‘idéia mãe’ logo no início que tende a persistir; (2) a falta de geração de alternativas; (3) a fixação no projeto ou a falta de flexibilidade; (3) o uso de julgamento subjetivo na tomada de decisões; (4) a relutância para mudar depois que uma decisão projetual é tomada e (5) a satisfação com uma solução aquém do esperado.

1.4.4.1. Características Básicas dos Problemas e Soluções Projetuais

Com base nas pesquisas de CROSS (1989), RITTEL e WEBBER (1984), LAWSON (1997a) e GOEL (1995), resumiremos abaixo as características básicas dos problemas e soluções projetuais.

Primeiramente, não existe uma formulação definitiva para um problema projetual. O estado inicial do problema está especificado de modo incompleto, o objetivo é ainda menos especificado e o modo de se transformar o estado inicial para se atingir o objetivo é completamente sem especificação.

O problema possui muitas partes componentes que não se encontram interconectadas de um modo lógico. Muito pouco da estrutura do problema direciona as linhas de decomposição do mesmo. O modo de decomposição é ditado pela prática e experiência do arquiteto.

A formulação de um problema projetual ‘é’ um problema. O processo de se formular um problema e de se conceber uma solução são idênticos, já que cada especificação do problema é uma especificação de uma direção a ser considerada. Não existe um processo correto e infalível ou uma seqüência de operações que garanta o resultado.

O *input* dos problemas projetuais consiste de informações sobre as pessoas que usarão o artefato, dos objetivos que estes pretendem satisfazer e do comportamento projetual que o artefato/processo precisa dar suporte de modo a satisfazer estes objetivos. O *output* consiste das especificações deste artefato.

Os problemas projetuais não possuem um fim. O trabalho do projetista nunca está completo e é sempre possível melhorá-lo. O que define o fim do processo é o momento em que não vale mais a pena o esforço de se ir adiante porque as chances de melhorar significativamente a solução parecem pequenas. E, mesmo que não se esteja satisfeito com a solução, talvez, esta represente o melhor que possa ser feito. Tempo, dinheiro e informação são os principais fatores limitantes na projeção e a falta de qualquer um deles pode resultar em um final frustrantemente prematuro para o projetista.

O processo envolve um julgamento subjetivo de valores. Questões como quais os problemas mais importantes e quais soluções melhor resolvem estes problemas são carregadas de valores. Portanto, as respostas a estas questões são, freqüentemente, subjetivas. A objetividade extrema demanda uma imparcialidade desapaixionada. Os projetistas, como seres humanos que são, encontram muita dificuldade em permanecer desapaixionados ou imparciais sobre seu próprio trabalho. De fato, estes são, freqüentemente, defensivos e possessivos sobre suas soluções.

A projeção não é um fim em si mesmo. O objetivo do processo projetual é resultar em alguma ação que mudará o ambiente de algum modo. Os projetistas têm de enfrentar todos os problemas que surgem, em um tempo limitado e, freqüentemente, tomar decisões com base em informações inadequadas. Infelizmente para os projetistas, estas decisões aparecem de modo concreto para que todos possam ver e os erros ou falhas não são perdoados com base na insuficiência de informação. Projetistas, ao contrário dos cientistas, não parecem ter o direito de errar. Enquanto aceitamos que uma teoria que não se mostrou verdadeira possa ter ajudado no avanço da ciência, raramente reconhecemos uma contribuição similar feita por projetos equivocados. Nos problemas projetuais, o objetivo não é o de encontrar a verdade, mas

melhorar algumas características do mundo em que vivemos e os projetistas sempre serão responsabilizados pelas consequências geradas por suas ações.

Na verdade, as soluções projetuais dão uma contribuição ao conhecimento. Uma vez que uma idéia tenha sido formada e um projeto completado, o mundo foi, de algum modo, modificado. As soluções projetuais são exaustivamente estudadas por outros projetistas e comentadas por críticos. Estas estão para a projeção como as hipóteses e teorias estão para a ciência. Elas são a base sobre a qual o conhecimento projetual avança.

A projeção é uma atividade essencialmente prescritiva, enquanto que a ciência é predominantemente descritiva. Já que os projetistas não objetivam lidar com questões tais quais: o que é? como? e por quê? Mas, ao contrário, com: o que seria? o que poderia ser? o que deveria ser? Enquanto os cientistas procuram compreender o presente e prever o futuro, os projetistas prescrevem e criam o futuro.

Cada solução para um problema projetual é uma operação única porque não há a oportunidade de se aprender através da tentativa e erro já que cada tentativa conta significativamente. E, não existe um *feedback* genuíno por parte do mundo na fase de resolução do problema. Cada solução implementada traz consequências e deixa rastros que não podem ser desfeitos. Um arquiteto não pode construir uma edificação para ver como esta funciona e depois, facilmente, corrigi-la se apresentar um desempenho não satisfatório. O *feedback* do mundo real só acontece depois que o projeto for concluído, o artefato for construído e passe a funcionar no ambiente pretendido. Edificações construídas são irreversíveis e as consequências geradas influenciam irreversivelmente as vidas de muitas pessoas. Sempre que ações são irreversíveis e as consequências nas vidas das pessoas são duráveis, cada tentativa conta. E cada tentativa de reverter uma decisão ou de corrigir consequências indesejadas propõem outra quantidade de problemas mal formulados, os quais são sujeitos aos mesmos dilemas. Neste caso, o *feedback* não pode mais influenciar o projeto corrente, mas apenas o próximo projeto similar.

Cada problema projetual também é essencialmente único. Para cada dois problemas pelo menos uma propriedade de distinção de suma importância pode ser encontrada assim como podem ser encontradas inúmeras propriedades em comum.

Os problemas projetuais tendem a ser organizados de modo hierárquico, podendo ser vistos como sintomas de outros problemas de mais alto nível. Não existe, porém, uma maneira lógica ou objetiva para determinar o nível correto no qual devemos tentar começar a resolução de tais problemas. Mas, parece sensato começar em um nível tão alto quanto seja razoável e prático.

O arquiteto, para resolver o problema à mão, normalmente, remete-se a um problema ou situação semelhantes para os quais uma solução já existe (solução fonte) e transfere certas características desta solução para desenvolver a solução (solução alvo) para o problema à mão. Deste modo, a criatividade pode ser, pelo menos parcialmente, explicada através do raciocínio analógico.

As soluções projetuais fazem parte de outros problemas projetuais. Tudo o que é projetado tem o potencial não só de solucionar problemas, mas também de criar novos problemas. Por exemplo, o motor do carro solucionou o problema do transporte, mas gerou um novo problema: a poluição.

As soluções projetuais são, freqüentemente, respostas holísticas. Uma idéia na solução é, freqüentemente, uma resposta integrada e holística a um número de problemas. Portanto, raramente é possível dissecar-se uma solução projetual e mapeá-la em relação ao problema afirmando qual parte da solução resolve qual pedaço do problema.

1.5. Novos Paradigmas para a Projetação

Podemos perceber que não é uma tarefa fácil fazer uma disposição por categorias dos estudos mais recentes sobre processos projetuais. Porém, identificamos que alguns deles, sobretudo aqueles desenvolvidos a partir de meados da década de oitenta, focalizam, principalmente, a representação do conhecimento auxiliada pelo computador como meio de formalização e ajuda no processo projetual arquitetônico. Torna-se claro que esta linguagem projetual mental, utilizada pelos arquitetos, está diretamente relacionada com uma forma particular de criar, manipular e, verbalmente e/ou graficamente, comunicar imagens mentais.

Os sistemas CAD (*computer aided design*) foram desenvolvidos a partir de uma descrição cartesiana da realidade e, portanto, enraizados no paradigma perspéctico. O paradigma perspectivo ou perspéctico caracteriza a perspectiva como um sistema de representação geometricamente exato, visando à exata correspondência entre o desenho e o objeto bem como apresenta a perspectiva como uma metáfora simbólica, causadora de impactos em várias disciplinas (dentre elas a Arquitetura) através do significativo papel que a subjetividade passou a assumir com a modificação do pensamento humano sobre a visualização (para uma abordagem mais detalhada vide item 3.9). No entanto, as novas teorias projetuais estão tentando romper com paradigmas anteriores através da geração de espaços para o simbolismo, a subjetividade e a intencionalidade no processo projetual.

1.5.1. Métodos Focados em Novas Formas para a Arquitetura

A tentativa de criar uma Arquitetura que supere as limitações do paradigma perspectivo tem sido levada adiante por arquitetos à procura de novas Geometrias para os edifícios que vão além da Geometria tradicional do espaço perspectivo.

Dois exemplos clássicos de arquitetos nos tempos modernos (anteriores à computação gráfica) que lutaram contra as limitações impostas pelos espaços rígidos derivados do perspectivismo são: Gaudi e Hans Scharoun. A paixão de Gaudi pela Arquitetura gótica o induziu a uma prática semelhante à dos arquitetos medievais (vide figura 1.2 abaixo).

Figura 1.2 – Casa Batló projeto de Gaudi

Fonte: http://www.greatbuildings.com/buildings/Casa_Batllo.html



Figura 1.3 – Filarmônica de Berlin projeto de Hans Scharoun

Fonte: http://www.greatbuildings.com/buildings/Berlin_Philharmonic_Hall.html



Scharoun, com uma abordagem mais teórica, propôs, nos anos 50, a idéia de um espaço não-perspectivo: com linhas divergentes, muitos ângulos diferentes e espaços interpenetrantes (vide figura 1.3 acima). Ambos não foram considerados modernistas já que suas idéias não se harmonizavam com as do Movimento Moderno.

Figura 1.4 – Parque Lavillete em Paris projeto de Tschumi

Fonte: http://www.tschumi.com/tsch_hold.asp



Figura 1.5 – Café de um Teatro projeto de Daniel Libeskind

Fonte: http://www.greatbuildings.com/buildings/Food_Theater_Cafe.html



Mais recentemente, nas últimas duas décadas, vários arquitetos têm apresentado propostas teóricas e práticas que visam suplantar as imposições deixadas como herança desde a época da Renascença: o perspectivismo na Arquitetura. Tschumi, D. Libeskind e Z. Hadid, dentre outros (vide figuras 1.4, 1.5, 1.6), desenvolveram um corpo de teorias e representações gráficas que buscam o estabelecimento de um novo tipo de espaço arquitetônico. Denominados de deconstrutivistas, eles vêm tentando destruir a estabilidade da forma arquitetônica e expressar um espaço não-cartesiano. Estes vêm empregando o computador de modo inovador na prática arquitetônica seguindo abordagens distintas. Por exemplo, Frank Gehry que vem realizando projetos de extrema complexidade formal, na busca de trazer a Arquitetura o mais próximo possível da expressividade da arte pop. Um exemplo disso é o Museu Bilbao, pois, para representá-lo graficamente (e posteriormente edificá-lo), a utilização de computadores foi imprescindível (vide figuras 1.7 e 1.8 a seguir).

Figura 1.6 – Pavilhão Weil na Alemanha projeto de Z. Hadid

Fonte: <http://www.kmtspace.com/hadidTwo.htm>



Figura 1.7 – Museu em Bilbao projeto de Frank Gehry

Fonte: http://www.greatbuildings.com/buildings/Guggenheim_Bilbao.html



Figura 1.8 – Museu em Bilbao projeto de Frank Gehry

Fonte: http://www.greatbuildings.com/buildings/Guggenheim_Bilbao.html



Frank Gehry afirma que o computador permitiu a liberação de sua imaginação, possibilitando a utilização de formas que antes ele não se arriscaria, já que os construtores negar-se-iam a construí-las. No entanto, apesar de Gehry usar o computador para possibilitar a representação, o detalhamento e, conseqüentemente, a construção de seus complexos volumes, ele afirma não utilizar nenhum *software* na fase de concepção do projeto. Gehry prefere pensar o projeto utilizando inumeráveis maquetes e rascunhos à lápis, os quais, constantemente, altera, corta e cola e só depois parte para a representação gráfica no computador.

É irônico que estes fortes ataques às limitações do paradigma perspéctico (um paradigma baseado em um modo de representação) tenham concretizado-se através de representações gráficas, visto que apenas recentemente é que estes arquitetos puderam ver seus projetos transformados em obra construída. Além disso, a identificação do paradigma perspéctico com um espaço ortogonal é uma abordagem equivocada. A essência do paradigma perspéctico está no corpo dos procedimentos e em sua suposição de uma relação causal e direta entre a representação e a edificação resultante. Portanto, os arquitetos que estão trabalhando sobre os processos projetuais e de construção apresentam uma possibilidade maior de apresentarem alternativas às visões restritivas derivadas das técnicas perspectivas.

1.5.2. Métodos Focados no Processo de Criação da Arquitetura

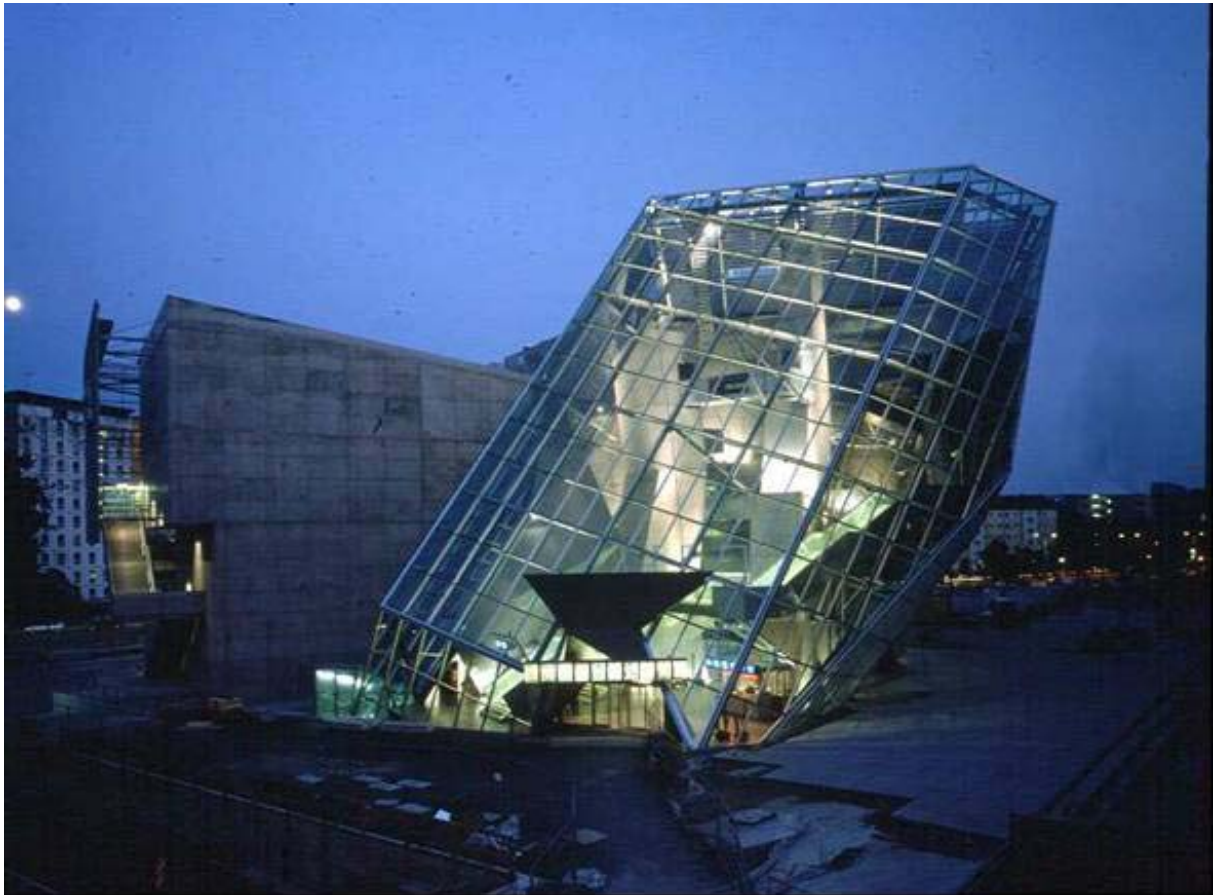
Uma outra abordagem que busca alternativas à influência do paradigma perspéctico na produção da Arquitetura, é a dos arquitetos que se concentram no processo de criação da Arquitetura, ao invés de na Geometria da Arquitetura. Três tendências podem ser apontadas com este tipo de abordagem: (1) Perdendo o controle sobre o processo projetual; (2) Abrindo o processo projetual para a intervenção dos outros e (3) Desafiando a representação de um modo crítico.

A **primeira tendência** caracteriza-se pela desistência, parcial ou total, por parte do arquiteto, de ter controle sobre o processo projetual. Ao perderem o controle sobre o processo projetual, os arquitetos favorecem a autonomia do objeto e de algum modo ainda estão focados no objeto no antigo molde renascentista. Alguns exemplos dessa tendência são, dentre outros: Coop Himmelblau, Peter Eisenman, Karl Chu e John e Julia Frazer.

Coop Himmelblau tenta explorar em seus projetos as implicações do inconsciente. Um dos procedimentos usados por ele é o de esboçar com os olhos fechados e, só depois, encontrar alguma ordem nos desenhos caóticos. O objeto arquitetônico resultante é normalmente complexo, fragmentado e com formas inesperadas (vide figura 1.9 abaixo).

Figura 1.9 – Centro de Cinemas em Dresden projeto de Coop Himmelblau

Fonte: <http://members.aon.at/chbl/>



Peter Eisenman vê o computador como um instrumento que permite ao objeto surgir com suas próprias regras, usando formas geradas pelo computador como ponto de partida da projeção (vide as figuras 1.10 e 1.11 a seguir). Assim como a maioria dos arquitetos denominados de '*deconstrutivistas*', apesar de enfatizar uma nova postura projetual, ele continua a procura por novas formas que questionem o espaço cartesiano.

Figura 1.10 – Competição para o projeto de uma casa virtual de P. Eisenman

Fonte: <http://prelectur.stanford.edu/lecturers/eisenman/>

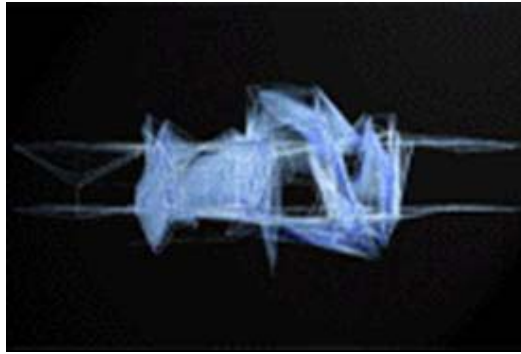


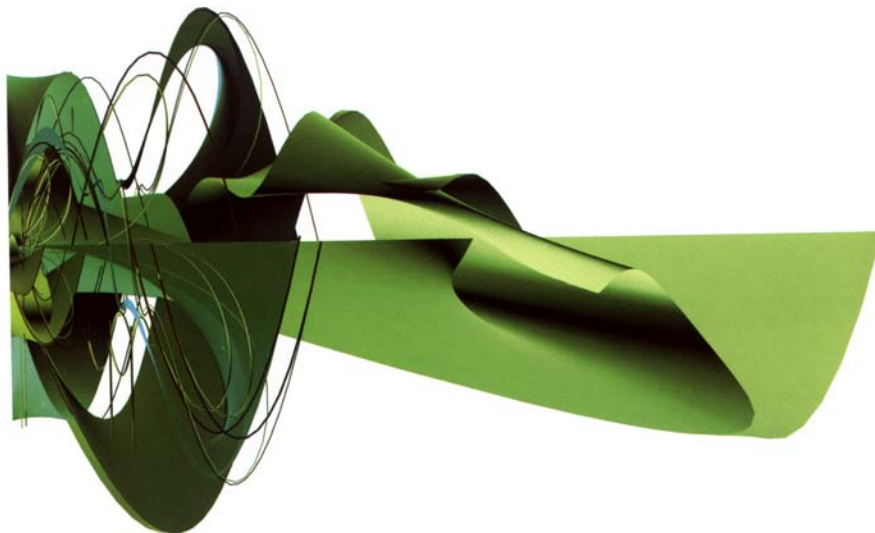
Figura 1.11 – Instituto de Artes e Ciências um projeto de Peter Eisenman

Fonte: <http://www.designboom.com/eng/interview/eisenman.html>



Figura 1.12- Modelo tridimensional de Karl Chu falando sobre os princípios da cosmogenia (estudo da origem do universo) e a transformação contínua da natureza

Fonte: STEELE (2001, p. 140)



Assim como Eisenman, o arquiteto Karl Chu (vide figura 1.12 acima) permite que o computador guie o processo de concepção, gerando o que é denominado por ele de ‘espaço

genético’, apresentando, portanto, um trabalho similar ao de John e Julia Frazer (STEELE, 2001).

John e Julia Frazer vêm desenvolvendo uma pesquisa na geração automática da Arquitetura ou como eles denominaram: ‘*Arquitetura Evolutiva*’. Baseados nos princípios do ‘*shape grammar*’ (gramática da forma), eles propõem uma Arquitetura que irá evoluir organicamente de uma forma (semente). Porém, este tipo inovador de pesquisa permaneceu limitado à academia e, conseqüentemente, produziu um pequeno impacto no desenvolvimento de programas CAAD.

A **segunda tendência** é identificada pela abertura do processo projetual para os outros. Denominada de Arquitetura participativa, esta abordagem objetiva incluir os participantes envolvidos em todo o processo, prestando uma atenção especial aos aspectos coletivos do espaço arquitetônico. Basicamente, os arquitetos estão trabalhando com o entendimento dialético da forma do edifício. Eles não estão interessados em brincar com a forma por razões estéticas eles estão mais interessados na utilização das formas como estruturas a serem exploradas pelas pessoas de modos que não estão predefinidos. As formas deles são receptivas, convidativas ou provocativas, objetivando não serem limitadoras ou prescritivas. Um desafio é o de não cair em um papel passivo, o qual pode vir a abalar a interação entre arquitetos e usuários. Exemplos de arquitetos trabalhando nesta tendência com uma abordagem ativa são: Herman Hertzberger, Lucien Kroll e Ralph Erskine.

Herman Hertzberger, a partir da criação de formas convidativas, constrói uma espécie de objeto aberto o qual está lá para ser descoberto, interpretado e apropriado pelos usuários.

Figura 1.13 – Edifício de uma Companhia de Seguros na Holanda projeto de Herman Hertzberger

Fonte: http://www.hertzberger.nl/index_proj.html



Lucien Kroll quando solicitado a projetar novos edifícios para a Universidade de Louvain, reuniu estudantes e professores para trabalharem juntos no projeto. Este processo resultou em uma edificação complexa e com uma aparência caótica.

Figura 1.14 – Casa de Estudantes da Universidade de Louvain projeto de Lucien Kroll

Fonte: http://www.loge.ucl.ac.be/housingservice/a_meme.html



Ralph Erskine aceita em seus projetos a opinião e intervenção dos habitantes. O complexo de casas Byker Wall em Newcastle é um dos melhores exemplos, por ter alcançado um alto grau de individualidade na caracterização de suas habitações.

Figura 1.15 - Complexo de casas Byker Wall em Newcastle projeto de Ralph Erskine

Fonte: http://www.greatbuildings.com/buildings/Byker_Redevelopment.html



A **terceira tendência**, na busca por uma alternativa ao perspectivismo preocupa-se em desafiar a representação de um modo radical, desde que a representação é o elemento crucial no estabelecimento do paradigma perspectico no campo da Arquitetura.

A suposição de que existe uma correlação direta entre plantas, cortes e fachadas e a obra edificada é tão intrínseca à nossa visão do modo como os arquitetos trabalham que é dificilmente questionada. Até mesmo os arquitetos deconstrutivistas esquecem-se de questionar a regra da utilização dos desenhos como elementos de comunicação da idéia do

arquiteto para o canteiro de obras. Como afirmaram PÉREZ-GOMEZ e PELLETIER (1992), até mesmo os arquitetos mais iluminados reconhecem as limitações das representações (plantas, cortes e elevações). No entanto, nenhuma alternativa foi seriamente considerada fora do domínio do perspectivismo moderno, o qual condicionou fortemente nosso conhecimento e percepção. Apenas poucos arquitetos têm desafiado a representação de modo radical. Alguns arquitetos que trabalham com Arquitetura participativa permitem a falta da representação gráfica até um determinado estágio do processo, permitindo que as pessoas atuem no edifício com as ‘mãos na massa’.

Christopher Alexander é o melhor exemplo de um arquiteto que vem desafiando o papel dos desenhos. Ele desenvolveu um conjunto de padrões para ser usado como uma diretriz a fim de que as pessoas pudessem compor (projetar) o meio ambiente sem a necessidade da representação técnica. Vale salientar, entretanto, o fato de ter ele próprio feito, posteriormente, críticas ferozes ao seu método gerando mudanças radicais em sua linha de trabalho, como vimos anteriormente no item 1.3.

1.5.3. Métodos Focados em uma Arquitetura Experimental

Os trabalhos de Christian Moller e os de Jeffrey Shaw são bons exemplos de arquitetos trabalhando de modo experimental e apresentando resultados bastante provocativos.

A Arquitetura interativa de Christian Moller responde à presença do usuário e muda o meio-ambiente. Este usa os computadores para criar situações surreais. O ‘Elevador Virtual’ de MOLLER (1994 – vide figura 1.16 a seguir), por exemplo, era uma instalação de arte que brincava com o simples uso de um elevador. O piso da cabine do elevador é de vidro permitindo projeções de uma animação gráfica em tempo real, começando pela textura do piso térreo, movendo-se rapidamente através dos outros andares em uma decolagem vertical, que vai ficando cada vez mais distante da superfície da Terra. As forças gravitacionais, simuladas através da hidráulica de um simulador de vôo, auxiliam a gerar esta viagem dos sentidos.

Um dos trabalhos mais provocativos de Jeffrey Shaw é *‘A Cidade Legível’*, onde ele se utiliza de uma bicicleta ergométrica como interface entre o ciclista e uma cidade virtual composta por letras e palavras tridimensionais ao invés de edificações (vide figura 1.17 a seguir). Criadas no computador, as palavras formam frases e substituem os edifícios no mapa de três cidades: Amsterdã, Nova York e Karlsruhe (SHAW, 1994).

Figura 1.16 – Elevador Virtual projetado por Christian Moller

Fonte: <http://www.canon.co.jp/cast/artlab/pros2/works/v-elevator-01.html>

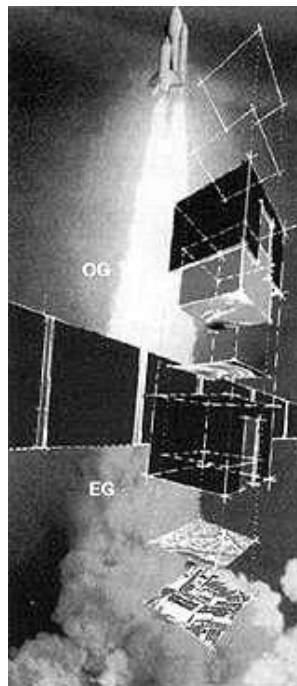


Figura 1.17 – A Cidade Legível projetada por Jeffrey Shaw

Fonte: http://www.jeffrey-shaw.net/html_main/frameset-works.php3



Os trabalhos de Shaw e Moller sugerem que se vamos desenvolver ferramentas para a representação da Arquitetura no computador, as quais levem em conta os inúmeros assuntos que compõem a disciplina arquitetônica, então, a Arquitetura, em si, poderia ser usada como uma metáfora, emprestando algumas de suas bem estabelecidas características para lidar com o processo da interação humana.

1.6. Conclusão

No capítulo acima procuramos apresentar algumas definições sobre projeção, o desenvolvimento das metodologias de projeção bem como apresentar algumas abordagens teóricas e práticas do processo projetual e discutir sobre a influência das mídias neste processo, apresentando, inclusive, alguns exemplos práticos desta influência.

A partir de uma análise da evolução histórica dos métodos e metodologias projetuais até os dias de hoje, realizada neste capítulo, podemos concluir que existem, atualmente, várias tentativas de fornecer um modelo alternativo para a prática arquitetônica e a mídia vem desenvolvendo um papel fundamental neste processo. Os arquitetos estão tentando lidar especialmente com as questões da indeterminação através de todo o processo de produção da Arquitetura. Três princípios do não determinismo surgiram durante as ações experimentadas pelos profissionais: (1) no processo projetual, (2) no processo construtivo e (3) no processo de morar. Estes apontam para um projeto não determinístico para a Arquitetura.

A investigação de um processo que permita a presença do outro (o cliente, a comunidade, o contexto), não por tornar seus desejos possíveis (construindo o que eles queiram), mas por propor uma estrutura projetual interativa, abrirá espaço para a imaginação de soluções projetuais inesperadas para ambos (o profissional e o cliente) gerando a indeterminação do processo projetual. A mídia vem influenciando este tipo de abordagem através da utilização de *hardware* e *software* de CSCW (*Computer Supported Co-operative Work* – Trabalho Co-operativo Auxiliado pelo Computador).

A busca por um novo tipo de representação que torne possível a extensão da criatividade ao canteiro de obras e a seus participantes, como por exemplo: a linguagem de padrões, a representação mínima e não detalhada, a representação aberta etc., gera a indeterminação do processo construtivo. Novamente, a computação gráfica também vem influenciando este aspecto, oferecendo novas formas de representação, como veremos de modo mais detalhado no capítulo 3.

Bem como, ao considerar o objeto arquitetônico e seus espaços como potencialmente cheios de significados e potencialmente funcionais, focaliza-se mais em um espaço ativo explorando as qualidades latentes de sua configuração do que em suas possibilidades prescritivas, gerando assim, uma indeterminação na utilização do objeto arquitetônico, ou seja, no processo de morar.

As considerações acima apontam para uma definição da Arquitetura como um conjunto de relações estabelecidas entre as pessoas e o espaço construído. Se a Arquitetura for interpretada deste modo, então, os arquitetos devem focar seus esforços não somente no projeto da Geometria dos edifícios, mas no projeto da interação entre as pessoas e a

edificação, concebendo a qualidade e os padrões de tais interações. Os arquitetos deveriam estar preocupados, portanto, com o projeto deste espaço relacional, onde acontece a interação entre as pessoas e o edifício. Em outras palavras, estes deveriam projetar o processo projetual do edifício tanto quanto projetar o próprio edifício.

A principal conclusão a que podemos chegar é a de que o objeto arquitetônico é um construto social o qual oferece o local para o compartilhamento de significados simbólicos e pragmáticos e, depois, torna-se a expressão ética da interação social entre os homens. Estabelecendo as bases para a interação entre similaridade e diferença, proximidade e distância, a Arquitetura passa a existir e adquirir significado na diferença existencial entre os seres humanos. Como um cenário para a interação entre similaridade e diferença bem como entre divergência e consenso, a Arquitetura com o outro concreto em um contexto social. Este não é um outro cartesiano, descrito de forma ideal em termos abstratos; mas, ao contrário, é um outro desafiador. Desafiador porque, além das similaridades comigo, o outro tem seus próprios desejos que fogem à minha determinação e limitam o meu desejo.

É a desafiadora presença do outro que torna possível a geração de significado no processo projetual. É a discussão derivada da impossibilidade de conhecer o outro completamente que dá relevância à Arquitetura. A grande preocupação de projetar, senão a maior delas, está na determinação da distância entre os seres humanos – do privado para o público, do aberto para o fechado, do próximo para o muito distante e assim por diante. E a avaliação desses fatores durante o processo projetual é sombreada por percepções pessoais, seja do cliente ou do arquiteto.

Dentro desta visão da Arquitetura, como uma relação entre as pessoas e o lugar, observamos a grande importância da cognição humana no Processo Projetual Arquitetônico tema que será tratado no próximo capítulo.

CAPÍTULO 2. A Influência das Mídias na Cognição Humana

Durante o Processo Projetual Arquitetônico

“Com Copérnico, o homem deixou de estar no centro do universo. Com Darwin, o homem deixou de ser o centro da história (que aliás não possui um centro). Com Freud, o homem deixou de ser o centro de si mesmo.”
(E. P. Coelho, In.: ARANHA e MARTINS, 1986, p. 185).

2.1. Introdução

Neste capítulo, buscamos subsídios nas abordagens teóricas da Psicologia Cognitiva (BRUNER, 1997; HAYES, 1989; AKIN, 1986; dentre outros), para apresentarmos os conteúdos que facilitem a compreensão dos processos cognitivos envolvidos na atividade projetual arquitetônica. Objetivamos com isso, compreender a influência das mídias (lápiz e papel e computador) nestes processos cognitivos e, conseqüentemente, de modo mais abrangente, no Processo Projetual Arquitetônico.

Durante o processo projetual, os arquitetos utilizam-se, conscientes ou não, de processos cognitivos para a elaboração de um projeto. Com nosso objetivo principal em mente, apresentamos, neste capítulo, os aspectos das habilidades cognitivas utilizadas pelo arquiteto durante este processo, considerados como mais importantes pelos pesquisadores do campo da cognição na Arquitetura. Abordamos, inicialmente, os processos básicos e complexos, bem como os recursos e mecanismos cognitivos. Também, tratamos o Processo Projetual como um processo de resolução de problemas, abordamos o pensamento criativo na projeção e, o suporte da psicologia cognitiva (modelos mentais) que será relevante para a análise do nosso trabalho. Quando, finalmente, nos utilizaremos da Teoria dos Modelos Mentais para explicarmos os porquês da subutilização da mídia computador na projeção arquitetônica.

A cognição humana tem sido abordada, dentre outras formas, como o processamento de informações, como faz normalmente o grupo de pesquisadores da inteligência artificial, que buscam descrever as funções mentais em termos de modelos computacionais (JOHNSON-LAIRD, 1983). Uma outra forma é a de concebê-la como atividade humana de construção e negociação dos significados dentro de uma comunidade, como proposta por BRUNER (1997). Esta última será a abordagem adotada em nosso trabalho.

2.2. Processos Cognitivos Básicos e Complexos

A psicologia cognitiva procura compreender a maneira de pensar dos seres humanos. Esta tem classificado os processos cognitivos em processos básicos e processos complexos (FALCÃO, 2002, notas de aula realizadas pela autora deste presente estudo).

Os processos cognitivos considerados básicos são:

- Percepção: além da recepção pelos centros nervosos, de impressões colhidas pelos sentidos envolve a interpretação e a atribuição de significados a estas impressões;
- Memória: faculdade de conservar ou readquirir idéias ou imagens; necessária à aprendizagem;
- Raciocínio lógico: operação intelectual discursiva, onde, da afirmação de uma ou mais proposições, passamos a afirmar outra em virtude de uma conexão necessária com as primeiras. Na filosofia escolástica a forma lógica do raciocínio é o silogismo. O silogismo dedutivo é aquele no qual as premissas são mais gerais que a conclusão e o raciocínio indutivo é aquele no qual as premissas são mais particulares que a conclusão;
- Raciocínio cotidiano: raciocínio usado nas tarefas diárias (não-científico);
- Linguagem: conjunto dos sinais falados, escritos ou gesticulados, do qual serve-se o homem para exprimir suas idéias e sentimentos; qualquer meio que sirva para exprimir sensações e idéias.

Os processos cognitivos considerados complexos são:

- Resolução de problemas – problema: questão levantada para inquirição, consideração, discussão, decisão ou solução; qualquer assunto ou questão que envolve dúvida, incerteza ou dificuldade; quando não se sabe imediatamente como sair de onde se está (ponto de partida) para onde se quer chegar (objetivo, meta) (MIRADOR INTERNACIONAL, 1977);
- Formação de conceitos - conceito: representação psicológica interna de atributos compartilhados por um conjunto de objetos (REBER, 1985).

É uma tarefa bastante difícil resumir todas as habilidades cognitivas utilizadas pelo arquiteto durante este processo. Portanto, tentaremos abordar apenas os aspectos considerados mais importantes, pelos pesquisadores do campo da cognição na Arquitetura.

2.3. Recursos e Mecanismos Cognitivos

A psicologia cognitiva descreve a mente como sendo constituída de certos recursos cognitivos e mecanismos, alguns dos quais de natureza bastante limitada. Estes componentes incluem a memória de curto prazo (ou curta duração), a memória de longo prazo (ou longa duração) e a atenção bem como um sistema de gerenciamento que determina quais informações, presentes na memória de curta duração, devem ser armazenadas na memória de longa duração.

A **memória de curto prazo** (STM – *short term memory*) retém a informação que está em uso corrente. Esta pode lidar apenas com um número limitado de esquemas por vez (7 6 2,

incluindo os procedimentos). E, ainda, se alguma outra tarefa for executada entre o momento em que a informação for apresentada até o momento em que esta deve ser repetida, o número de esquemas memorizados pode cair para até dois apenas. Além do mais, em geral, a informação na memória de curto prazo deteriora-se em questão de segundos (6 2 segundos), a menos que seja constantemente repetida e neste caso pode durar por minutos. Nós a usamos, por exemplo, quando repetimos um número de telefone na hora da discagem. Também existe um componente visual-espacial usado na formação de quadros mentais e um componente organizacional que nos lembra o lugar onde paramos em tarefas complexas. Quando a capacidade da memória de curto prazo excede-se ou quando a informação deteriora-se, nós esquecemos a informação que estamos usando (JOHNSON, 1997).

A informação que se pretende usar, no futuro, deve ser salva ou na **memória de longo prazo** (LTM – *long term memory*) ou em um meio de representação externa (papel, por exemplo). A memória de longo prazo retém a informação durante uma hora ou por toda a vida. Esta guarda fatos, experiências ou processos bem-repetidos. Parece não possuir uma capacidade máxima. Com o desuso, a informação da memória de longo prazo enfraquece-se, mas a informação que é usada ocasionalmente pode persistir indefinidamente. Esta não é infalível, já que o cérebro tende a esquecer algumas informações (HAYES, 1989).

A transferência de informações da memória de curto prazo para a memória de longo prazo demanda um esforço cognitivo deliberado e tempo (6 5 segundos por *chunk*, isto é, por pacote de informações). A transferência na direção contrária, denominado de ato de recordar-se, leva menos tempo (de 1 a 2 segundos), dependendo do tipo de informação e envolvendo um processo cognitivo tão complicado quanto o primeiro.

A **atenção** é outro recurso de natureza bastante limitada. Esta não é considerada como um meio de armazenamento; mas, como um mecanismo pelo qual o processamento é conscientemente dirigido. Em geral, uma pessoa pode prestar atenção a apenas uma coisa por vez, embora a atenção possa ser trocada muito depressa de uma tarefa para outra (JOHNSON, 1997).

Quando aprendemos pela primeira vez um procedimento físico ou mental, nossa mente atravessa, freqüentemente, um tipo de lista declarativa de passos. Isto requer muita atenção. Porém, à medida que o procedimento torna-se mais praticado, este pode tornar-se automatizado. Peritos em uma determinada área possuem maneiras de minimizar a exigência da memória de curto prazo e da atenção. Quando eles se deparam com uma determinada situação ou combinação de elementos mais de uma vez, eles podem agrupar, mentalmente, as partes na memória de longo prazo como um esquema único: o *chunk*. O *chunk* é considerado um agrupamento de informações inter-relacionadas com significado ou a menor unidade

representada na memória com significado (HAYES, 1989). Quando as pessoas executam um procedimento repetidamente, estas podem passar a executá-lo de modo mais ou menos automático (NORMAN, 1991; ANDERSON, 1982). Deste modo, fazem um uso mais eficiente dos recursos cognitivos. Sem a automação, até mesmo a compreensão de textos escritos seria difícilíssima, já que teríamos que estudar conscientemente cada letra a fim de identificá-las e agrupá-las em palavras, antes de identificarmos o significado do texto.

Outro fato importante é que os peritos desenvolvem representações mais apropriadas para suas tarefas. Eles desenvolvem ‘bibliotecas mentais’ de situações e materiais com os quais lidam freqüentemente e modos de como lidar com os mesmos. WEISBERG (1986) estima que a biblioteca mental de um perito contenha de 20.000 até 50.000 *chunks*. De acordo com outra estimativa, levamos 10 anos ou mais de trabalho de 70 a 80 horas por semana para desenvolver este tipo de biblioteca (HAYES, 1989). Alguns autores descrevem a ‘biblioteca’ mental do arquiteto como sendo formada por elementos como planos, cúpulas, paredes, colunas, portas e assim por diante (SCHÖN, 1988). ROWE (1987) descreve categorias mais amplas tais como: ‘preconceitos’, ‘heurísticas’, ‘tipos’, ‘tipologias’ etc.

O conhecimento humano apresenta-se sob diferentes formas. O conhecimento de procedimentos relaciona-se com tudo o que se sabe ou pode-se vir a saber sobre ações e planos de ações, descrevendo os objetos, seus atributos e relações. Este capacita o projetista a seqüenciar um conjunto de ações para realizar um objetivo determinado durante um período de tempo (NEVES e ANDERSON, 1981). Já o conhecimento denominado de declarativo, relaciona-se com tudo o que se sabe ou pode-se vir a saber sobre a descrição das coisas. Este é visto, mais freqüentemente, nos estágios iniciais do aprendizado quando o conhecimento de procedimentos ainda não está totalmente desenvolvido. O conhecimento declarativo responde à pergunta ‘o que?’ enquanto o conhecimento de procedimentos responde à pergunta ‘como?’. O conhecimento meta-cognitivo é o conhecimento que o ser humano tem sobre suas próprias capacidades cognitivas, estratégias e tarefas. Este, também, pode ser declarativo ou de procedimentos (SIEGLER, 1991).

Outra diferenciação feita é aquela entre *memória episódica* e *memória semântica*. A memória episódica é específica a um caso e é experimental, enquanto que a memória semântica é geral e simbólica (TULVING, 1983). Existe um argumento que sugere que a compreensão humana de conceitos pode ser construída a partir de experiências corpóreas muito básicas, acumuladas ao longo do tempo através de interações físicas com o mundo externo (LAKOFF e JOHNSON, 1980). Os conceitos profundos e mais abstratos que não podem ser compreendidos deste modo são compreendidos através do uso de uma ou mais metáforas sobre os conceitos diretamente experimentados. A metáfora, portanto, não se

constitui apenas em um dispositivo literário; mas, de um mecanismo cognitivo crucial. Estas idéias apontam para a interação dinâmica entre experiências episódicas de baixo nível e a semântica simbólica de alto nível na memória humana, com o pensamento metafórico dependendo fortemente desta interação dinâmica.

2.4. Os Processos Cognitivos na Projetação Arquitetônica

Os parâmetros cognitivos da memória humana foram ambos documentados tanto no caso geral (NEWELL e SIMON, 1972), quanto no caso da projeção arquitetônica (AKIN, 1986). Durante o processo projetual, a limitação mais severa imposta pelo sistema cognitivo é a pequena capacidade da memória de curto prazo. Tanto a memória ‘simbólica’ quanto a memória visual possuem limitações semelhantes. O projetista, portanto, não consegue representar inteiramente na mente um projeto arquitetônico complexo, dependendo, na verdade, da memória externa na forma de desenhos e modelos. E, por sua vez, estes dependem das habilidades manuais da representação, baseadas na percepção e coordenação motora. Uma ligação entre memória e habilidades motoras torna a atividade projetual possível: como os desenhos são criados representando imagens mentais, o mecanismo cognitivo está ocupado reconhecendo os padrões conhecidos e os novos nas representações criadas. Finalmente, os projetistas trazem para dar suporte a tudo isto, o seu conhecimento sobre como administrar atividades complexas de busca, enumeração sistemática; síntese por análise; retrocesso; procura heurística e assim por diante (AKIN, 1995).

As estratégias de decomposição e recomposição de problemas também são consideradas habilidades básicas do arquiteto. CHAN (1990) mostrou como um arquiteto adapta seu conhecimento específico às mudanças ditadas pelo problema. Ele mostrou como determinadas estratégias mantinham-se com o passar do tempo, de um problema para o outro, pelo menos, no caso de um projetista maduro.

FINKE et al. (1992) definiu que as estruturas cognitivas particularmente importantes na fase de concepção de um projeto são as estruturas denominadas de *pré-inventivas*. Estas são usadas para representar novos padrões visuais, as formas dos objetos, combinações mentais (combinações conceituais, metáforas e imagens mentais misturadas), exemplares de categoria, modelos mentais e combinações verbais. Estas estruturas são representações internas que podem ser, em grande parte, mal interpretadas na ocasião em que são inicialmente construídas e podem variar em complexidade.

No processo projetual, diferentes processos de pensamento cognitivos alternam-se a fim de desenvolver o projeto, incluindo: abstração, associação, raciocínio etc. Mas, nem tudo

está baseado em uma manipulação consciente de idéias. A sondagem é muito importante para a projeção (SCHON, 1983). Esta pode conduzir as descobertas inesperadas enquanto se esboça ou se escreve. Como SUWA, GERO e PURCELL (1999) afirmaram, a mudança de contexto e o desenvolvimento da lista de exigências contribuem ao movimento de uma idéia para a próxima, como também para a combinação de idéias ainda não observadas simultaneamente.

SCHÖN afirma que o raciocínio projetual apresenta um padrão de pensamento que usa ‘*regras de projeto*’ (1988) e um processo de ‘*reflexão em ação*’ (1985). Ele aponta que os projetistas primeiro vêem e depois movem os objetos projetuais (1992). GOLDSCHMIDT (1989) aguça esta noção, postulando que o raciocínio projetual é constituído de modalidades de ‘*perceber – como*’ e ‘*perceber – aquilo*’. Ela vê o esboço como uma operação de movimentos projetuais e de uma oscilação de argumentos que traz uma transformação gradual das imagens (1991). ULLMAN, WOOD e CRAIG (1990) afirmaram que na projeção, cada ação de desenho é uma representação externa de um ‘*chunk*’ de informação. Eles observaram que as marcas no papel contêm diferentes tipos de informação. AKIN e LIN (1995) observaram que uma nova decisão projetual normalmente ocorre quando o projetista está simultaneamente desenhando, pensando e examinando.

Segundo KAVAKLI e GERO (2000) o esboço durante a fase de concepção de um projeto é um modo de processamento das imagens mentais. Muitas das áreas ativadas para o reconhecimento e identificação de objetos também são ativadas durante o imaginário visual mental (KOSSLYN, 1994). O processamento das imagens mentais consiste da geração de imagens (produção dos desenhos), inspeção (atenção), transformação (re-interpretação) e da recuperação de informação a partir da memória de longo prazo.

Para LAWSON (1997b), as duas formas de pensamento mais importantes para a projeção são: a racionalização e a imaginação. A racionalização caracteriza-se pela intencionalidade e é orientada para uma conclusão específica. Esta inclui a lógica, a resolução de problemas e a formação de conceitos. Já a imaginação realiza formulações a partir da experiência individual, fazendo combinações não estruturadas e às vezes sem propósito. Ambos os pensamentos são interligados e, para o autor, o controle e a combinação do pensamento racional e da imaginação é uma das habilidades mais importantes do arquiteto.

LAWSON (1998) também afirmou que o arquiteto apresenta linhas ou modos paralelos de pensamento com características diferentes (como vimos no item 1.4.3). Por exemplo, um edifício pode em um momento caracterizar-se por uma coleção de espaços (um invólucro); em outro momento, por uma coleção de componentes (como paredes, pisos, tetos etc.) e ainda em outro momento pode ser visto como uma coleção de sistemas: estrutural,

revestimento, serviços, meio-ambiente, circulação e assim por diante. De fato, o arquiteto caracteriza-se por possuir idéias simultâneas sobre o projeto de uma variedade de modos. Estas linhas paralelas de pensamento são argumentos que o arquiteto desenvolve sobre como o edifício deve ser. Cada um desses argumentos pode ser lógico em si mesmo; mas, nas fases iniciais da projeção, estes não são necessariamente capazes de apresentar uma resolução em um quadro único e coerente do edifício.

Um dos problemas desses vários modos de representação do conhecimento é que eles são estruturalmente distintos e o mapeamento das características destes diferentes modos é desorganizado e imprevisível. Não existe uma forma de mapear uma a uma as características dos modos diferentes e apenas um especialista que compreenda as regras estruturais destes modos pode estabelecer estas relações. Estes modos de representação do conhecimento parecem ser pessoais a cada arquiteto que constrói sua estrutura cognitiva única. Entretanto, na parte empírica do nosso presente trabalho, tentaremos descobrir a existência de alguns invariantes.

Aparentemente, bons arquitetos usam estas linhas paralelas de pensamento, acima citadas, simultaneamente, mantendo-as paralelas por algum tempo durante o processo projetual. De fato, parece muito provável que a habilidade de manter várias visões do edifício sem estar muito preocupado em reconciliá-las, ou seja, sem pressa em fazer os pensamentos convergirem, seja central ao ato criativo de projetar. Uma pesquisa de ROWE (1987) mostrou exemplos de como os arquitetos eventualmente resolvem estas linhas paralelas do pensamento através do desenvolvimento de noções integradas ou meta-idéias.

Os processos mentais envolvidos na projeção referem-se à atividade intelectual, individual ou coletiva de abordagem do problema projetual expressa em ações analíticas, sintéticas e avaliativas. Como vimos no capítulo 1, conscientemente adotados ou não, toda atividade arquitetônica utiliza esses processos mentais sem que sejam, contudo, rigidamente seqüenciados.

2.4.1. As Habilidades Cognitivas que Caracterizam os Arquitetos

AKIN (1993, 2001 e 2002) buscou descrever as habilidades cognitivas que caracterizam mais especificamente a Arquitetura. Ao pesquisar as principais categorias de cognição do projeto, a saber, representação, comportamento estratégico e inovação, Akin identificou quatro comportamentos cognitivos mais específicos que ele considerou como as variantes principais do campo da Arquitetura. Estes consistem em: (1) representações ricas;

(2) uso indiscriminado de estratégias criativas de projeto; (3) falta de padrão no esquema de composição do problema e (4) abordagens administrativas complexas.

Poderíamos resumir as idéias de AKIN (1993, 1995 e 1999) sobre as diferenças entre os arquitetos e outros profissionais do seguinte modo:

(1) Os arquitetos dependem das representações analógicas (baseiam-se na correspondência com a realidade) como uma característica central do discurso projetual. Estes também usam representações simbólicas, representando o mundo real em símbolos como, por exemplo, para indicar a transferência de calor e luz, de cargas e momentos, a distribuição de som etc. Mas, a integração das soluções parciais em uma solução singular é alcançada dentro do contexto das representações analógicas. GOLDSCHMIDT (1991) fala diretamente sobre a relação simbiótica entre as representações internas (cognitivas) e externas (analógicas) e mostra como a troca entre elas é importante para impulsionar o projeto adiante;

(2) Projetistas de todas as áreas exploram possibilidades, conduzem análises e avaliam soluções potenciais antes de chegarem a um projeto final. No entanto, os arquitetos usam uma variedade maior de representações e por um período mais longo durante o processo projetual;

(3) Os arquitetos enquanto exploram soluções, dependem de um número maior de alternativas do que o de outros profissionais de projeto. Além disto, eles continuam procurando por soluções alternativas mesmo quando já desenvolveram uma opção satisfatória;

(4) As fases do processo projetual arquitetônico não seguem uma organização pré-determinada. Os problemas arquitetônicos são decompostos em subproblemas de modo idiossincrático, em lugar de serem baseados em um esquema globalmente adotado pelos arquitetos de como as partes componentes deveriam ser estruturadas. Como resultado, os arquitetos parecem pesquisar primeiro em amplitude, desenvolvendo alternativas principais de modo a estruturar o domínio do problema e, depois, em profundidade, analisando uma das alternativas principais - um híbrido das estratégias da pesquisa clássica, usadas na resolução de problemas;

(5) Os arquitetos usam estratégias de integração para recompor as soluções parciais em um projeto holístico. Por exemplo, os arranjos topológicos de funções em cada plano podem ser casados com composições de sólidos e aberturas na fachada do edifício;

(6) Os arquitetos lidam com uma maior variedade de tarefas e usam uma maior variedade de métodos do que outros projetistas;

(7) A Arquitetura é projetada a fim de acomodar o usuário em muitas dimensões: funcional, psicológica, cognitiva, ergonômica, climática, econômica e assim por diante. O comportamento dos usuários é uma parte integrante da funcionalidade do objeto. Não há um

outro artefato projetado que possa reivindicar para si as mesmas dimensões de uso da Arquitetura. Assim, a Arquitetura é um domínio de problema de representação saturada, mais que qualquer outro;

(8) Todos os problemas, inclusive os problemas de projeto, possuem algum tipo de estrutura. Porém, os problemas de projeto, como problemas mal-definidos, requerem um tipo de redefinição de objetivos, meios e fins. Em outras palavras, o objetivo inicialmente definido pode não permanecer válido ao longo do processo projetual.

2.5. O Processo Projetual como um Processo de Resolução de Problemas

Como vimos no capítulo 1, o processo projetual, apesar das argumentações que procuram destacar o aspecto artístico da atividade, também pode ser considerado como um processo de resolução de problemas. A resolução de problemas é um processo que envolve, primeiramente, a identificação ou a definição do *espaço do problema*; depois a *geração de alternativas* em um *espaço de soluções* na busca por uma solução (SIMON, 1973).

NEWELL E SIMON (1972), falando sobre resolução de problemas, sugeriram três métodos básicos de busca: o *reconhecimento* ou *sabendo a resposta*; a *geração e teste* e a *pesquisa heurística*.

O *reconhecimento*, também conhecido como a pesquisa através do teste de hipóteses (AKIN, 1986), depende fortemente do julgamento e da intuição do projetista e de algum modo encontra-se relacionado ao modo como os projetistas têm praticado suas profissões desde o início. Pois, em alguns casos, o problema a ser resolvido é similar a outros que já foram resolvidos antes pelo projetista e ele o resolve simplesmente tentando de novo os mesmos caminhos que o conduziram a soluções anteriores. O procedimento de pesquisa é bastante reduzido e algumas vezes eliminado.

O método de *geração e teste* envolve a produção de idéias e opções para depois ver se estes satisfazem os critérios ou regras que foram inicialmente determinados no espaço do problema. Na Arquitetura, este método é usado freqüentemente, especialmente na representação de imagens em forma de esboços a fim de se selecionar um deles.

A *pesquisa heurística* baseia-se na experiência. Caracteriza-se pelo uso de uma informação, um princípio ou um procedimento já adquirido a fim de guiar os passos restantes do processo de resolução de problemas. O processo de pesquisa é redefinido até o ponto em que a pesquisa por informação limite a área de pesquisa permitindo a utilização ou do método de *geração e teste* ou do método do *reconhecimento*. Como afirmou ROWE (1987) a heurística é um método simples e prático (*a rule of thumb*), um atalho cognitivo do raciocínio indutivo, onde o sujeito utiliza uma idéia como diretriz para resolver um problema, mas não

oferece nenhuma garantia de sucesso. Deste modo, a heurística é o oposto do algoritmo que sempre oferece uma resposta correta.

MEDEIROS (2001), abordando problemas matemáticos, aponta a resolução de problemas como uma tarefa de grande complexidade cognitiva, já que implica no conhecimento e utilização de diferentes estratégias e conceitos e na estruturação das diferentes partes do problema em um todo coerente. Assim, quando resolvemos problemas reais somos influenciados por nossa *percepção* e *observação* do mesmo, bem como pelo *contexto verbal* e pelo *contexto real* no qual o problema, respectivamente, se apresenta e se insere (MEDEIROS, 1992). SCHEERER (1987) – influenciado pela Gestalt – afirmou que a estrutura inerente de um problema aponta para a sua solução.

Os *signos* geram na mente do sujeito, que busca solucionar um problema, as *imagens mentais* e outras *representações mentais* tanto dos objetos teóricos como dos objetos reais a que se referem. Segundo MEDEIROS (2001) o *campo perceptual* de um sujeito é composto pelo *conjunto de significados*; pelas *imagens* e outras *representações mentais* e pelas *inferências* por ele produzidas. Na tentativa de solucionar um problema o sujeito utiliza-se não só de conhecimentos conceituais independentes, como também elabora uma *teia* ou *estrutura cognitiva* conectando os seus elementos constituintes a fim de gerar um *modelo mental* ou *rede metafórica*.

Apesar de considerar que não se trata de um processo rígido, a elaboração bem sucedida de uma *rede metafórica*, ao tentarmos solucionar um problema verbal inserido num contexto real, foi assim resumida por MEDEIROS (2001):

No *Contexto verbal* de uma situação problemática posta para o sujeito cognoscente a leitura a ser realizada envolve a compreensão dos *significados denotativos* sejam eles instituídos pela língua portuguesa ‘oficial’ ou pertencentes aos campos dos conhecimentos envolvidos;

No *Contexto real*: (1) A leitura abrange as *representações mentais* dos elementos reais do problema, que se constituem em *imagens* em forma de *metáforas* apresentando, portanto, semelhanças e diferenças com os elementos reais. (2) Alguns aspectos das entidades reais são abstraídos enquanto outros aspectos são enfatizados. (3) *Inferências* são feitas sobre a dependência ou não dos eventos e sobre as questões relacionadas à ordem dos elementos. (4) *Símbolos* (signos arbitrários) são selecionados para representar os elementos do problema. (5) *Referentes* representam os agrupamentos e os relacionamentos entre os elementos. Parte do *contexto verbal* do problema pedirá um tratamento metafórico, isto é, o aprendiz deve buscar, nos seus conhecimentos prévios, instrumentos capazes de funcionar como correspondentes

aos elementos da expressão verbal do problema em foco. (6) É, então, desenvolvido um trabalho coerente com a estrutura (modo como as partes conectam-se formando um ‘todo’) ou encadeamento de idéias do *modelo mental* ou *rede metafórica* concebida.

SCHOENFELD (1985), também estudando a resolução de problemas matemáticos, afirmou que o bom resolvidor de problemas apresenta cinco características básicas: (1) este não apenas sabe mais, ele sabe de modo diferente; seu conhecimento é bem conectado e composto de esquemas ricos; (2) tende a focar sua atenção nas características estruturais do problema e não nas características superficiais; (3) é mais consciente dos seus pontos fortes e suas fraquezas; (4) é melhor no monitoramento e regulação dos seus esforços; (5) é mais preocupado em obter soluções elegantes. Este mesmo autor também descreveu quatro aspectos que devem ser combinados para a resolução de um problema: conhecimento sobre o assunto, estratégias heurísticas; controle do processo e compreensão aprofundada da natureza e estrutura do problema.

Muitos dos conceitos usados na abordagem de problemas matemáticos podem ser rebatidos para o problema arquitetônico. Porém, existem algumas características, como vimos anteriormente no item 2.4, que são particulares à Arquitetura.

2.6. O Pensamento Criativo na Projetação

TAYLOR (1988) apresentou mais de cinquenta definições de criatividade; em seguida, classificou-as em cinco classes gerais: (1) A Gestalt, em que a ênfase é dada à recombinação de idéias. (2) A baseada no produto final, que afirma que a criatividade é um processo que resulta em um novo produto ou trabalho. (3) A relacionada à expressividade, na qual o fator mais importante é a expressão de si mesmo. Sempre que alguém se expressa de modo único e individual é considerado criativo. (4) A psicanalítica que define a criatividade através das interações do id, ego e superego. (5) A baseada no processo, que dá ênfase ao processo do pensamento. Um certo tipo de processo é dito caracterizar criatividade.

As teorias da Psicologia Cognitiva estabeleceram claramente a distinção entre dois principais tipos de pensamento criativo, de um lado o racional e lógico e de outro lado o intuitivo e imaginativo. Essas duas categorias ficaram conhecidas como o ‘pensamento convergente’ e o ‘pensamento divergente’. Segundo GUILFORD (1956), no pensamento convergente existe, normalmente, uma conclusão ou resposta que é considerada como única e o pensamento é canalizado ou controlado na direção desta resposta requerendo habilidades dedutivas e interpolativas a fim de se chegar a esta única resposta correta. A habilidade

convergente é medida pela maioria dos testes convencionais de QI e tem sido associada com a habilidade nas Ciências. Por outro lado, o pensamento divergente, é caracterizado por uma abordagem aberta, pela procura de alternativas e retornos em várias direções e é requerido ao sujeito pensar tantas soluções quantas sejam possíveis para o mesmo problema. Não existe apenas uma resposta claramente correta. A habilidade divergente é medida por testes inadequadamente chamados de Testes da Criatividade e tem sido associada com a habilidade nas Artes.

O estudo de SNOW (1964), feito com garotos de escola, mostrou que os garotos com mais habilidades convergentes tendem a serem conduzidos para as ciências enquanto que os garotos com mais habilidades divergentes são mais interessados nas artes. Portanto, na maioria das vezes, os projetistas são considerados mais divergentes que convergentes e a criatividade na projeção é fortemente associada com o pensamento divergente. Há de se ter cuidado para não se confundir criatividade com pensamento divergente (HEDGE e LAWSON, 1980) e para não se assumir que a arte e a projeção devem estar sempre associadas ao pensamento divergente, já que existem excelentes trabalhos tanto no campo da pintura (como TURNER - vide figuras 2.1 e 2.2 a seguir) quanto no campo da Arquitetura (como CALATRAVA – vide figuras 2.3 e 2.4 a seguir) que provam o contrário. Ambos apresentando uma convergência quase obsessiva em seus trabalhos (LAWSON, 1993).

Se tomarmos a atividade da projeção como um todo, veremos que esta é mais uma atividade divergente já que o projeto raramente pode ser considerado como um procedimento de otimização conduzindo a uma resposta correta. No entanto, é possível que existam muitas etapas ao longo do processo que se caracterizem por serem tarefas convergentes. Portanto, a projeção, claramente, usa tanto o pensamento produtivo convergente quanto o divergente e os estudos focados em projetistas experientes mostraram que estes são capazes de desenvolver e manter várias linhas de pensamento em paralelo, como já vimos anteriormente, nos itens 1.4.3 e 2.4, a partir das idéias de LAWSON (1993).

Figura 2.1 – Batalha de Trafalgar pintada por Turner

Fonte: http://www.artprints-on-demand.co.uk/noframes/turner/battle_trafalgar.htm



Figura 2.2 – Navio afundando pintado por Turner

Fonte: <http://www.excelsiordirect.com/Shipwreck.htm>



Figura 2.3 – Ponte de pedestres projetada por Santiago Calatrava

Fonte: http://www.greatbuildings.com/buildings/Campo_Volantin_Footbridge.html



Figura 2.4 – Estação de trem projetada por Santiago Calatrava

Fonte: http://www.greatbuildings.com/buildings/Stadelhofen_Railway_Stati.html



Os experimentos realizados por VERSTIJNEN et al. (1998) revelaram que os processos cognitivos inventivos dependem fortemente da imaginação visual e dois processos mentais são essenciais no processo criativo: a reestruturação e a combinação os quais são influenciados pela habilidade de esboçar e pela criatividade individual. Segundo estes autores os processos criativos mais prováveis de acontecer na mente humana são os de combinação e os menos prováveis são os de reestruturação. A partir disto, podem ser levantadas questões sobre as reivindicações feitas por alguns inventores famosos de que suas descobertas foram feitas no imaginário mental. Por exemplo, há informações de que a descoberta de Kekulé foi feita supostamente enquanto ele estava cochilando em frente à lareira e a de Arquimedes enquanto ele estava tomando banho. Estes inventores foram golpeados pela solução para seus problemas em um momento particular onde nenhum deles tinha papel e lápis à mão. Vale salientar que esses dois casos estão aqui sendo citados apenas a título de exemplificação para ilustrar a questão da criatividade, pois há, atualmente trabalhos com fortes argumentos que põem em dúvida a originalidade das descobertas de Kekulé ou que apontam a falta de

evidência sobre a situação cotidiana vivida por Arquimedes no momento de sua descoberta (MARTINS, 2000).

No caso de Kekulé, por exemplo, ele teria tido que derrubar a regra que dizia que moléculas orgânicas só podiam existir em seqüência. É provável que tal processo envolva uma reestruturação. Também Arquimedes teria tido, a partir do volume da coroa do Rei, de descobrir se esta havia sido feita de ouro puro (vide a figura 2.5). Para isto, ele teria tido que achar uma alternativa às regras conhecidas para se calcular o volume, dada a forma irregular da coroa. Uma vez ocorridas, estas operações teriam envolvido a percepção de novos atributos da situação, uma operação similar à reestruturação.

Figura 2.5 – Descoberta de Arquimedes

Fonte: <http://www.mcs.drexel.edu/~crrorres/Arquimedes/Crown/CrownIntro.html>



Na maioria dos casos de inovação cognitiva, as invenções envolveram o libertar-se da concepção original o que é, provavelmente, idêntico à reestruturação. O que, então, poderia ter facilitado a reestruturação nestes inventores em situações onde nenhuma possibilidade para a externalização estaria disponível? Em experimentos, quando sujeitos são coagidos à reestruturação, estes, quando permitidos, esboçam espontaneamente. Suas imagens são, então, reestruturadas em analogia a seus esboços. Nestes experimentos, a descoberta foi informada, freqüentemente, como sendo muito surpreendente. O caráter surpreendente da descoberta combina perfeitamente com a definição habitual de *insight*, como “...conexões previamente não percebidas e inesperadas que se revelam à mente” (LANGLEY e JONES, 1988, p. 177).

O papel da analogia no pensamento criativo foi enfatizado por muitos teóricos (STERNBERG, 1977; PERKINS, 1981; POLYA, 1945). Possivelmente, os indivíduos extraordinariamente criativos são capazes de construir analogias dentro do imaginário enquanto os outros, mais mundanos, requerem um esboço. A ocorrência de analogias visuais é uma observação familiar dos relatórios pessoais destes indivíduos. Kekulé teria descoberto, após meses de confusão, que ele tinha que derrubar a regra que dizia que as moléculas só podiam existir em seqüência, ao ver uma cobra picando seu próprio rabo. Arquimedes teria

visto o nível da água de sua banheira elevando-se enquanto ele entrava e embora ele tenha tomado muitos banhos antes, ele de repente teria percebido a relação entre o nível da água subindo e o volume sendo colocado na água. Ambos poderiam ter achado suas soluções eventualmente através da analogia visual, após um longo período de incubação.

Nem todos os inventores, porém, informaram terem achado a solução através de analogias. Isto sugere que mesmo sem uma analogia visual evidente, uma reestruturação do conhecimento possa acontecer. De qualquer maneira, leva tempo antes da reestruturação acontecer espontaneamente. Kekulé e Arquimedes teriam precisado de tempo para o '*insight*' ou iluminação súbita acontecer. Conseqüentemente, a tentativa de sugestão mais direta é a de que o esboço provê as analogias necessárias para encurtar o período de incubação. Por exemplo, a maioria dos projetistas usa esboços ou maquetes para exteriorizar o pensamento e consideram isto essencial ao processo criativo. Por isto é comum acharem-se esboços atrás de envelopes, em extremidades de jornais ou em guardanapos. Estes funcionam como uma ferramenta para interagir com o imaginário (GOLDSCHMIDT, 1992).

A literatura sobre criatividade usualmente divide o processo criativo em três fases: a *incubação* com pouco ou nenhum esforço consciente, os momentos de *iluminação* que representa o repentino surgimento de uma idéia, seguido por períodos de *verificação*. KNELLER (1965) acrescentou mais duas etapas ao processo criativo dividindo-o em: (1) primeiro *insight*, (2) preparação, (3) incubação, (4) iluminação e (5) verificação.

O primeiro *insight* envolve simplesmente o reconhecimento de um ou mais problemas e o comprometimento de resolvê-los. A situação problemática é formulada e expressa formal ou informalmente na mente.

Na preparação, o problema é conscientemente estudado e investigado sobre inúmeros pontos de vista na busca por uma solução. Na projeção, é provável que haja algumas idas e vindas entre esta fase e a anterior, assim o problema poderá ser reformulado ou até completamente redefinido à medida que as soluções possíveis são exploradas. É um período de trabalho duro e intenso.

A incubação é um período mais relaxado; a mente continua a reorganizar e re-examinar os dados absorvidos durante as fases anteriores só que o problema passa do consciente para o inconsciente.

Na fase de iluminação, ainda de modo involuntário e inconsciente, a solução do problema é alcançada.

Na verificação, o pensamento consciente elabora, desenvolve e testa a solução.

Novamente, devemos lembrar que na projeção, estas fases não acontecem de modo separado como esta análise sugere. Frequentemente, o período de verificação irá revelar a inadequação de uma idéia; mas, a essência da mesma pode ainda ser válida. Talvez isto conduza à reformulação do problema e a um novo período de investigação e assim por diante.

2.7. Os Modelos Mentais

Um modelo pode ser definido como “...uma representação de uma idéia, um objeto, um evento, um processo ou um sistema” (GILBERT e BOULTER, 1998, p. 13). Um modelo é a representação das características relevantes da realidade, um meio de expressar certas características de um objeto ou sistema que existe, existiu ou irá existir. Os modelos na aprendizagem são usados tanto para descrever representações de uma idéia individual até objetos de grande porte. Por serem mais acessíveis na esfera dos sentidos do que as teorias, estes modelos desempenham um papel fundamental na educação das ciências.

A grande importância dos modelos está no fato deles facilitarem a visualização de idéias, objetos, eventos, processos ou sistemas complexos, a partir da simplificação dos mesmos.

GILBERT e BOULTER (1998) diferenciam o sistema em si e os diferentes tipos de modelos do seguinte modo: o sistema-alvo é o objeto da representação e existe na experiência coletiva. O modelo mental é a representação individual do sistema-alvo. O modelo expresso é o modelo mental expresso pelo indivíduo através da ação, fala ou escrita. O modelo consensual é o modelo expresso submetido a testes por um grupo e sobre o qual se concorda, por exemplo, os modelos científicos. O modelo pedagógico é um modelo construído para facilitar a compreensão de um modelo consensual.

KRAPAS et al. (1998) usam o termo modelo conceitual, com o mesmo significado do modelo consensual de Gilbert e Boulter. Estes autores também acrescentam à classificação acima os meta- modelos e a modelagem com o objetivo educacional. Eles definem os meta-modelos como sendo modelos formalizados e compartilhados com o objetivo de explicar o processo de construção de modelos consensuais e mentais. Afirmam, ainda, que a modelagem com objetivo educacional destaca o fomento da capacidade de construção de modelos como o cerne do ensino de ciências.

Os modelos mentais são representações psicológicas geradas por nossas mentes de situações reais ou imaginárias utilizadas para se compreender fenômenos específicos. A idéia inicial sobre modelos mentais é atribuída a CRAIK (1943) que afirmou que a mente constrói ‘modelos em pequena escala’ da realidade e os usa para antecipar eventos. Modelos mentais podem ser construídos através da percepção, imaginação ou da compreensão do discurso.

Estes tanto podem ser imagens visuais quanto abstratos, representando situações que não podem ser visualizadas.

Os modelos mentais são formados por todos os indivíduos para ajudá-los a compreender, explicar e prever o mundo complexo de uma maneira simplificada. Um modelo mental, apesar de ser simples, tem que ter uma estrutura semelhante à estrutura do fenômeno representado a fim de permitir ao seu detentor tirar conclusões mentais sobre o mesmo.

Modelos mentais também têm o propósito de simplificar a compreensão e o aprendizado através da representação e organização do conhecimento. De acordo com MERRILL (1991), o resultado do aprendizado é uma memória organizada em estruturas definidas ou modelos mentais.

Modelos mentais são construídos a partir de experiências e evoluem, modificando-se através da interação do indivíduo com experiências novas. Então, o aprendiz precisa de uma variedade de experiências para construir um modelo mental adequado (MERRILL, 1991). Estes são armazenados e podem ser ativados e usados através da experiência, do treinamento e da instrução. Eles habilitam a geração de descrições, explicações e previsões. Isto implica que a consciência e a administração dos modelos mentais podem proporcionar um pouco de controle sobre as experiências e proficiência em tarefas específicas.

Os cientistas cognitivos vêm pesquisando como os modelos geram pensamentos e conclusões; como as crianças desenvolvem modelos; como um modelo de um domínio pode estabelecer uma analogia com outro domínio; como modelos mentais geram emoções e como projetar sistemas de computador para os quais seja fácil adquirir um modelo.

Algumas das características dos modelos mentais são: (1) são incompletos e estão constantemente evoluindo; (2) não são representações precisas de um fenômeno, podendo conter erros e contradições; (3) provêm explicações simplificadas de fenômenos complexos; (4) contêm uma quantidade de incertezas sobre sua validade que permite que sejam usados até mesmo quando imprecisos; (5) podem ser representados por um conjunto de regras de condição-ação.

A teoria dos modelos mentais evidencia a dimensão figurativa do raciocínio, contradizendo uma suposição que era até então prevalente em teorias psicológicas sobre o raciocínio - a de que os seres humanos, ao tirar conclusões sobre o mundo, empregam um tipo de lógica mental propositiva. Esta teoria não argumenta que os seres humanos são incapazes de tirar conclusões lógicas nem busca desvalorizar a lógica matemática. Esta, simplesmente, procura explicar os fatos empíricos e observáveis, nos quais os seres humanos, apesar de capazes de gerar uma conclusão lógica, freqüentemente apresentam respostas e decisões que

não podem ser explicadas através do raciocínio lógico. Uma série de investigações empíricas feitas por WASON e JOHNSON-LAIRD (1972) ilustra isto. Apenas 12% dos sujeitos puderam resolver um problema lógico simples apresentado de forma abstrata; no entanto, 60% deles foram capazes de resolver um problema equivalente que usava objetos e contextos conhecidos. O resultado deste experimento demonstrou que o raciocínio das pessoas é, em sua maioria, influenciado pelo conteúdo-relativo e a forma da informação apresentada. As pessoas terão maior probabilidade de resolver um problema corretamente quando elas tiverem um conhecimento de base relevante que possa ser empregado. E, é mais provável que elas relacionem um conhecimento existente relevante ao problema apresentado se a estrutura da informação apresentada for compatível com a estrutura do conhecimento existente na mente do sujeito.

O ano de 1983 pôs os modelos mentais no mapa da pesquisa cognitiva. Não só viu a publicação de JOHNSON-LAIRD (1983), volume seminal, mas também a publicação de uma coleção de artigos com o mesmo título editado por GENTNER e STEVENS (1983). Apesar de terem o mesmo título, as duas publicações representam direções muito diferentes em pesquisa em representações mentais.

Modelos mentais são coerentes com as teorias que postulam a existência de representações internas nos processos do pensamento. No entanto, enquanto JOHNSON-LAIRD (1983) propõe que os modelos mentais formam a estrutura básica da cognição humana geral e é da opinião que estes são construídos a partir de procedimentos fornecidos por esquemas, GENTNER e STEVENS (1983) viram a teoria dos modelos mentais como uma tentativa de modelar e explicar a compreensão humana de objetos e fenômenos.

A coleção de GENTNER e STEVENS (1983) examina e discute uma variedade de modelos interiorizados e exteriorizados, variando de modelos de fenômenos naturais como a eletricidade até modelos de conceitos científicos, usados com propósitos pedagógicos. Por exemplo, DE KLEER e BROWN (1981) descrevem a formação do modelo mental de uma campainha e como este modelo é útil na resolução de problemas de dispositivos mecânicos. Diferentemente de JOHNSON-LAIRD (1983), que busca formular uma teoria cognitiva para explicar o pensamento humano em geral, os autores de cada um destes artigos buscam modelar convicções sobre um domínio específico - i.e. um fenômeno natural ou um aparelho. O tema comum que emerge do estudo de domínios diversos é o raciocínio analógico: as pessoas tentam formar uma compreensão de um fenômeno desconhecido transferindo conclusões de um modelo mental existente para o novo fenômeno. COLLINS e GENTNER (1987) sugerem que modelos mentais são sempre construídos através do raciocínio analógico;

por outro lado, o processo de estrutura-mapeamento entre dois domínios parece requerer que os dois fenômenos tenham características de superfície semelhantes (GENTNER e STEVENS, 1983).

NORMAN (1983) descreve modelos mentais da seguinte forma: “*Interagindo com o ambiente, com os outros e com os artefatos tecnológicos, as pessoas formam modelos internos, mentais delas mesmas e das coisas com que elas estão interagindo*” (p. 23). Eles não só governam como nós pensamos, mas como nós entramos em ação.

Há dois tipos de modelos mentais: o estrutural e o funcional, sendo o primeiro pouco usado. O modelo estrutural é o modelo de ‘*como isto funciona*’; usado para descrever os mecanismos de um dispositivo. O modelo funcional é o modelo de ‘*como usar isto*’; o usuário interioriza o conhecimento de procedimentos sobre como usar o dispositivo ou sistema. A maioria das compreensões das pessoas é funcional.

JOHNSON-LAIRD (1983) propôs que existem três tipos de representações mentais: (1) as representações propositivas, que são pedaços de informações semelhantes à linguagem natural; (2) os modelos mentais, que são analogias estruturais do mundo e (3) as imagens mentais que são percepções correlatas de modelos sob um ponto de vista particular.

Para ele, a informação é representada em vários níveis diferentes de abstração e a forma da representação pode variar de um nível para o próximo. As representações propositivas formam os blocos construtivos dos modelos mentais. Já que estas não são integradas e nem elaboradas com outras informações contidas na memória, uma informação codificada somente em termos de representação propositiva é tanto difícil de ser lembrada quanto não permite generalizações ou conclusões. Estas propriedades estão intimamente ligadas aos mecanismos que governam o funcionamento da memória de curto prazo. O processo pelo qual as representações propositivas são mapeadas em modelos mentais é chamado de semântica de procedimentos.

Como aponta PAYNE (1992), a teoria de Johnson-Laird abrange o compromisso teórico básico compartilhado por todos os autores no volume de Gentner e Stevens: o conhecimento possuído pelas pessoas tem uma influência considerável no raciocínio delas sobre um novo problema, fenômeno, dispositivo ou idéia. A teoria de modelos mentais de Johnson-Laird é mais desenvolvida sob este aspecto, pois esta especifica o formato das representações e os procedimentos que são usados para operá-las. Contudo, esta teoria apresenta como ponto bastante crítico, o fato de Johnson-Laird acreditar e defender que o computador é realmente a última metáfora da mente.

Para JOHNSON-LAIRD (1983), qualquer teoria da mente tem de ser computacional, já que ele concorda com o funcionalismo. A citação a seguir resume sua posição sobre isto:

“... isto segue não só aquelas teorias científicas que dizem que a mentalidade pode ser simulada através de programas de computador, mas também que em princípio a mentalidade pode ser encarnada dentro de um computador adequadamente programado: computadores podem pensar porque pensar é um processo computacional. (...) qualquer teoria futura da mente será completamente expressa dentro de termos computacionais” (p. 10).

Em nossa ótica, esta é a posição mais discutível de sua teoria, pois os seres humanos não apenas usam as informações, eles atribuem significados distintos até mesmo a uma mesma informação dependendo dos contextos de uso e em foco. Além disso, o ser humano lida também muito bem com as conotações e não apenas com as denotações. E isto os computadores não o fazem. Uma meta neste campo da ciência – que tem em Johnson-Laird um de seus defensores mais proeminentes – é o desenvolvimento de programas de computação que tomem decisões completas, detalhadas e precisas sem os seres humanos. Modelos de computador tão sofisticados não existem e os seus defensores, para consegui-los, vão ter que focalizar a comparação entre o ser humano e o computador em termos de uma verdadeira metáfora e não apenas de uma mera analogia e, por decorrência, as diferenças centrais na forma de ‘pensar’ entre os dois deverão ser incorporadas.

Nestas últimas décadas, alguns pesquisadores começaram a mudar a ênfase da pesquisa em cognição da ‘*construção de significados*’ (BRUNER, 1997), para o ‘*processamento de informações*’ (pesquisadores em geral, na área de inteligência artificial). Estas duas abordagens são profundamente diferentes. Na segunda, o conceito de significado foi substituído pelo conceito de computabilidade. Os processos cognitivos foram igualados aos programas de computador. E no lugar de estímulos e respostas há o *input* e o *output*. O catalisador desta mudança foi a revolução da informática, apresentando o computador como a grande metáfora da mente e a informatização como critério básico para geração de um modelo teórico.

O processamento de informações no computador dá-se através da inscrição de mensagens em um endereço para posterior busca através de instruções salvas na memória. Este processo é executado através de uma unidade central de controle. No computador, a informação não passa de uma mensagem pré-codificada no sistema. Neste caso, a informação é indiferente ao significado, esta só é capaz de lidar com significados denotativos (no sentido estrito do dicionário). Um sistema de computador requer planejamento prévio e regras precisas, excluindo as questões mal formadas. Este não é capaz de lidar com a imprecisão, com a polissemia, com os significados conotativos e com as metáforas e o ser humano é um

ser que lida basicamente com a atribuição de significados como sugerido por AUSUBEL (1980).

Ainda, segundo BIJL (1989), o computador e a inteligência humana apresentam duas formas de conhecimento contrastantes. O primeiro está focado na lógica simbólica, que emprega uma suposição da lógica clássica de um mundo fechado enquanto que a inteligência humana opera em um mundo aberto. A suposição de um mundo fechado afirma que todas as proposições devam ser resolvidas através do verdadeiro ou falso. Esta não acomoda o talvez ou o possivelmente. De modo contrastante, o comportamento inteligente humano se estende sobre estas limitações. As pessoas parecem saber o que elas ainda não sabem. A habilidade de admitir a existência de um conhecimento ausente e continuar funcionando, sem ter que previamente antecipá-lo, faz parte da experiência comum dos seres humanos e não conhecemos uma maneira de representar esta habilidade nos computadores.

Acreditamos que a cognição humana não pode ser assimilada ‘somente’ como um processamento de informações. Esta é muito mais entranhada de ‘carne e sangue’ do que se possa imaginar. E as influências sociais mutantes? E como traduzir o inconsciente, a vontade, os desejos, os sonhos, os atos falhos, o *insight*? Não acreditamos que esteja no nosso horizonte próximo, com o estado da arte da tecnologia de *hardware*, modelar a mente em um suporte não humano.

Como apresentamos anteriormente neste item, há uma variedade muito grande de significados atribuídos ao construto *modelo mental*. Buscaremos, agora, esclarecer o significado adotado em nossa pesquisa a partir do posicionamento de MEDEIROS (2001). Esta autora analisando a atividade de resolução de problemas matemáticos verbais inseridos em contextos reais, ao afirmar que o resolvidor bem sucedido constrói ‘modelos’ ou ‘metáforas’ a fim de resolver estes problemas, busca redefinir o construto *modelos mentais* partindo de uma comparação com os instrumentos cognitivos ‘metáfora’ e ‘redes metafóricas’.

Nesta busca por uma redefinição do conceito de *modelo mental*, MEDEIROS (2001) afirma que *modelo mental* é:

“um ‘todo’ representado mentalmente, relativo a um objeto físico, evento (ou fenômeno) ou teoria (...). Esse ‘todo’ (...) apresenta-se como uma verdadeira ‘teia’ cognitiva de significados estrutural e coerentemente interligados ou estrutura cognitiva elaborada em função das ‘partes’ desse objeto/fenômeno/teoria e que é formada fazendo-se uso do inter-relacionamento de vários instrumentos cognitivos: representações (‘re-presentificações’) mentais, imagens mentais, idéias, conceitos, palavras, palavras- conceitos (termo utilizado por AUSUBEL, 1980), denotações, conotações e inferências” (p. 217).

MEDEIROS (2001) também compara um *modelo mental* a uma *metáfora* de um objeto, fenômeno ou teoria. Para a autora, a *metáfora* é, dentre outras coisas, uma forma de comunicação. É importante salientar que a comunicação através de *metáforas* traz consigo o significado pretendido e o significado interpretado e a relação entre estes se dá através da *denotação* e *conotação* das palavras utilizadas. Entendemos por *denotação* “a coisa que é realmente nomeada ou descrita por uma palavra, ao invés dos sentimentos ou idéias que são sugeridas por uma palavra” enquanto que *conotação* é “qualquer dos sentimentos ou idéias que são sugeridos por uma palavra, ao invés do significado real da palavra” (LONGMAN DICTIONARY OF CONTEMPORARY ENGLISH, 1987 apud MEDEIROS 2001, p. 219).

Modelos, analogias e metáforas guardam relações de semelhanças e diferenças com o objeto, fenômeno ou teoria representados. Só que no caso do uso da *metáfora*, a ênfase é colocada nas diferenças. Na verdade, “há um empobrecimento da realidade em sua idealização” MEDEIROS (2001, p. 221).

2.7.1. Modelos Mentais X Sistemas Computacionais

Modelos mentais também desempenham um importante papel no uso de sistemas de computador. Usuários de computador necessitam de um modelo mental da máquina para planejar, executar, delegar, avaliar e interpretar tarefas. Após o aprendizado inicial, porém, a experiência com o sistema é o fator externo mais importante para a evolução continuada da representação mental feita pelo usuário. Os modelos mentais gerados por usuários de computador e como estes modelos influenciam a interação dos mesmos com a máquina é estudado em HCI (*Human- Computer- Interaction*: Interação- Homem- Computador).

É muito comum a utilização de um raciocínio analógico (usando um modelo existente de um domínio diferente) para explicar os funcionamentos de um sistema de computador. Por exemplo, um processador de textos é como uma máquina de escrever (CARROLL e MACK, 1984). O raciocínio analógico requer um modelo mental existente que tenha semelhança suficiente para agir como a fonte do mapeamento.

Aprendizes mudam seus modelos mentais enquanto os constroem através da interação com o sistema. Estes são afetados por fatores tais como o esforço que estes dedicam, a persistência, a expectativa e predição de resultados e os níveis de satisfação após a execução da tarefa (JIH e REEVES, 1992). A existência e o valor dos modelos mentais reside no fato de que a qualidade da interação em um sistema depende da funcionalidade dos modelos mentais dos aprendizes dos sistemas. Quando, no nosso caso, os aprendizes possuem um modelo mental adequado da estrutura e funções do processo projetual arquitetônico e do *software*

utilizado é menos provável que estes sintam-se desorientados e é mais provável que desenvolvam uma metodologia mais adequada para lidar com o problema.

NORMAN (1983), corroborando com GILBERT e BOULTER (1998), faz uma distinção clara entre um sistema, o modelo conceitual do sistema e o modelo mental do sistema: (1) o sistema alvo - a coisa em si, o objeto da representação; (2) o modelo conceitual - uma descrição correta e precisa do sistema alvo; (3) o modelo mental - a estrutura de conhecimento que o usuário aplica na interação dele com o sistema alvo.

Um modelo mental ideal deve ser consistente com o modelo conceitual do sistema. Modelos mentais ‘fracos’ e inexatos carecem de componentes fundamentais ou características do sistema alvo. PAYNE (1987) relatou que os aprendizes criam modelos mentais diferentes em função dos estilos particulares que cada um desenvolveu para aprender. JIH e REEVES (1992) afirmaram que quando os aprendizes confiam apenas no método de tentativa e erro, na orientação de um manual ou no conselho de outro aprendiz, eles tendem a aprender o que eles pensam ser necessário saber e ignoram todo o resto.

WAERN (1990) sugeriu que há duas abordagens para construir modelos mentais, dependendo de se os aprendizes têm ou não conhecimento prévio sobre o sistema. A maioria dos usuários usa a abordagem *top-down* (de cima para baixo) para construir seus modelos mentais, mas os aprendizes novos tendem a usar a abordagem do tipo *bottom-up* (de baixo para cima).

A pesquisa em modelos mentais está baseada na suposição de que o conhecimento de como os usuários representam e como deveriam representar os sistemas conduzirão a uma melhor compreensão de sistemas utilizáveis (ACKERMANN e TAUBER, 1990). De acordo com DE KLEER e BROWN (1985), as teorias atuais de modelos mentais sugerem a efetividade potencial de modelos qualitativos para ensinar sistemas científicos.

Para JIH e REEVES (1992), modelos mentais e a pesquisa em modelos mentais são de extrema importância. *"Desde que a nossa compreensão da percepção humana desempenha (ou deveria) um papel crucial no projeto de interfaces, a pesquisa em modelos mentais é uma abordagem promissora na análise da interação homem-máquina e na melhoria de projetos de interface"* (p. 44).

A interface é a base para os modelos mentais que os usuários desenvolvem quando estão interagindo com o computador. Projetistas de sistemas computacionais deveriam, portanto, interessar-se nos modos pelos quais eles podem auxiliar os usuários a desenvolver mais rapidamente modelos mentais precisos e significantes para seus sistemas.

MARCHIONINI (1991) coloca três fatores a serem lembrados como básicos para um bom projeto de interface: seres humanos têm uma memória de curto prazo limitada (de cinco a sete ‘*chunks*’ de informação); seres humanos têm que ter sua atenção ‘refrescada’ freqüentemente e recordar informações requer um esforço mais cognitivo do que reconhecer uma informação. SPIRO et al. (1990) defende a divisão de conceitos maiores em partes menores (mais manejáveis), no lugar da tradicional abordagem instrutiva da simplificação inicial, seguida por adições com incremento de complexidade.

2.7.2. Modelos Mentais: Mudança Conceitual e os Sistemas CAD

A pesquisa em modelos mentais descreve as fases pelas quais as pessoas passam enquanto mudam seus conceitos em vários domínios. A aquisição de conhecimento pode ser vista como a reestruturação de modelos baseados em um conhecimento anterior para ajustar-se a uma informação nova. Ocasionalmente, porém, quando estes modelos sintéticos são confrontados com mudanças maiores, eles têm que sofrer uma reestruturação radical antes que possam ajustar-se ao modelo conceitual do mundo real.

A teoria de modelos mentais e mudança conceitual pode ser usada para explicar o que parece estar acontecendo na utilização de sistemas CAD para a projeção arquitetônica. Baseados no modo como os sistemas CAD são descritos e projetados, os usuários poderiam começar formando um modelo mental do sistema CAD como uma mera ferramenta de traçado eletrônica requerendo uma pequena mudança no modo como são executadas as tarefas de desenho. Descrições introdutórias apresentam declarações tais como “*CAD é uma expansão do modo como você desenha*” (OBERMEYER, 1987, p. V). O modelo de uma ferramenta de traçado eletrônica é reforçado por conceitos como ‘desenhos’ e ‘camadas’ que são diretamente conectados aos conceitos do uso de papéis para o desenho manual e o uso da sobreposição de folhas durante o traçado. Seguindo tais introduções, o usuário é exposto aos detalhes do uso dos comandos, principalmente sobre o local destes comandos e o procedimento necessário para executá-los.

Inundado com o conhecimento sobre as ferramentas, mas sem estratégias explícitas para decompor as tarefas para fazer uso dos comandos como ferramenta de projeção, os arquitetos simplesmente ajustam seu modelo de traçado manual para incorporar o novo conhecimento dos comandos. Porém, este ajuste superficial causa problemas porque o modelo conceitual subjacente ainda é o de uma ferramenta de traçado de desenho eletrônica em lugar de um sistema CAD que requer estratégias diferentes, gerando uma subutilização da ferramenta.

Embora a explicação acima apresentada pareça plausível, ela não pode esclarecer porque os usuários dos sistemas CAD não descobrem as estratégias com o passar do tempo e não fazem uma mudança conceitual aprofundada de seus modelos mentais. Os arquitetos, executando projetos complexos, no computador, por muitos anos, têm muitas oportunidades para descobrir, mesmo que por acaso, estratégias mais eficientes. As pesquisas em aquisição de habilidades em muitos domínios mostram que as pessoas com o tempo alcançam um estágio denominado de aprendizagem estratégica. A aprendizagem estratégica é descrita como *"a melhoria que acontece porque as pessoas aprendem um modo ótimo para organizar a solução do problema em um domínio específico"* (ANDERSON, 1990, p. 257).

O que acontece com os usuários dos sistemas CAD para que estes não alcancem este nível de aprendizado? Nossa revisão bibliográfica sobre o uso dos sistemas CAD mostra que mesmo após muitos anos de experiência, os arquitetos tendem a usar estratégias ineficientes na execução de tarefas complexas. Adicionalmente, algumas destas estratégias têm uma marcada semelhança com técnicas de traçado manual. Acreditamos que isso se deve ao fato do conhecimento estratégico para usar os sistemas CAD eficientemente não ter sido definido nem explicitamente ensinado. Na falta de uma estratégia bem-formada, os usuários freqüentemente desenvolvem um modelo mental sintético dos sistemas CAD contendo uma mistura dos métodos manuais e computacionais. Como estas estratégias ineficientes, necessariamente, não impedem que os usuários produzam projetos precisos bem como são poucos os mecanismos que fazem uma avaliação sobre o uso ineficiente, estas ineficiências tendem a permanecer não reconhecidas e os usuários têm pouca motivação para desenvolver estratégias melhores. Na verdade, os usuários desenvolvem uma abordagem que é uma mistura dos métodos manuais e computacionais que resultam em uma subutilização das ferramentas CAD. Uma possível forma para reverter esta situação seria aquela em que o conhecimento estratégico para a utilização efetiva dos sistemas CAD fosse explicitado e fornecido no início do aprendizado. Este conhecimento também poderia ser usado para re-projetar a interface com o usuário.

2.8. Conclusão

No capítulo acima, apresentamos o papel da cognição humana no processo projetual arquitetônico, abordando os processos cognitivos básicos e complexos, bem como os recursos e mecanismos cognitivos. Os processos cognitivos considerados básicos são: percepção, memória, raciocínio lógico, raciocínio cotidiano e linguagem. Os processos cognitivos considerados complexos são: resolução de problemas e formação de conceitos. Durante o processo projetual, apesar de nem tudo encontrar-se baseado em uma manipulação consciente

de idéias, diferentes processos de pensamento, recursos e mecanismos cognitivos alternam-se a fim de desenvolver o projeto.

A maior limitação imposta pelo sistema cognitivo durante o processo projetual é a pequena capacidade da memória de curto prazo. O projetista não consegue representar inteiramente na mente todos os condicionantes de um projeto arquitetônico, dependendo da memória externa na forma de esboços. Portanto, o esboço é um modo de processamento das imagens mentais, produzindo um registro dos esforços mentais. Isto nos alivia da difícil tarefa de pensar sobre os nossos próprios pensamentos, corporificando nossos pensamentos e intenções em uma forma mais acessível aos nossos esforços reflexivos. Os esboços melhoram o desempenho de um arquiteto ao aumentar efetivamente sua memória e facilitando a avaliação de suas idéias.

Outra importante habilidade cognitiva do arquiteto é a capacidade de, durante a projeção, manter linhas paralelas de pensamento. Os arquitetos são capazes de pensar sobre uma edificação de muitos modos distintos ao mesmo tempo: como espaços, como componentes (paredes, pisos, tetos etc.), como sistemas (estrutural, revestimento, serviços, meio-ambiente, circulação etc.) como superfícies e assim por diante. E esta habilidade de manter várias linhas paralelas de pensamento por algum tempo, sem preocupar-se em reconciliá-las, ou seja, sem pressa em fazer os pensamentos convergirem, é central ao ato criativo de projetar.

Além de considerarmos o Processo Projetual como um ato criativo, também podemos considerá-lo como um processo de resolução de problemas. A resolução de problemas é um processo que envolve a identificação ou a definição do *espaço do problema*; depois a *geração de alternativas* em um *espaço de soluções* na busca por uma solução.

Ao abordamos a criatividade na projeção verificamos a existência de dois principais tipos de pensamento criativo: o convergente (racional e lógico) e o divergente (intuitivo e imaginativo). No pensamento convergente (associado às Ciências) existe uma conclusão ou resposta única considerada correta. O pensamento divergente (associado às Artes), por outro lado, é caracterizado pela procura de alternativas, podendo existir diversas soluções para o mesmo problema, não há apenas uma resposta correta. Os projetistas são considerados mais divergentes que convergentes e a criatividade na projeção é bastante associada ao pensamento divergente. No entanto, há de se ter cuidado para não se confundir criatividade com pensamento divergente já que existem excelentes trabalhos artísticos e arquitetônicos fundamentalmente associados ao pensamento convergente.

A atividade projetual pode ser considerada como uma atividade divergente, já que raramente pode-se conceber que exista apenas uma resposta correta para um projeto. Esta apresenta, no entanto, inúmeras tarefas convergentes ao longo do processo. Portanto, a projeção usa tanto o pensamento convergente quanto o divergente.

Apresentamos os aspectos relevantes da teoria dos modelos mentais para o nosso projeto de pesquisa, evidenciando a dimensão figurativa do raciocínio. Os modelos mentais são representações psicológicas geradas por nossas mentes de situações reais ou imaginárias utilizadas para se compreender fenômenos específicos. Estes são formados pelos indivíduos para ajudá-los a compreender, explicar e prever o mundo complexo de uma maneira simplificada. A grande importância dos modelos está no fato deles facilitarem a visualização de idéias, objetos, eventos, processos ou sistemas complexos, a partir da simplificação dos mesmos.

Quando tratamos sobre a Teoria dos Modelos Mentais destacamos o papel fundamental da mídia como fator que acarreta mudanças nos processos cognitivos dos indivíduos durante a projeção. Tentamos, a partir da mesma, também explicar o porquê da subutilização das ferramentas CAD para a projeção arquitetônica, já que mesmo após anos de experiência, os arquitetos não alcançam um nível de aprendizado estratégico, tendendo a usar estratégias ineficientes e semelhantes às técnicas de traçado manual. Acreditamos que isso se deve ao fato do conhecimento para usar os sistemas CAD eficientemente não ter sido definido nem ensinado levando os usuários a desenvolverem um modelo mental sintético dos sistemas CAD contendo uma mistura dos métodos manuais e computacionais. Como estas estratégias ineficientes não impedem que os usuários produzam projetos precisos bem como são poucos os mecanismos avaliativos sobre este uso ineficiente, estas ineficiências tendem a permanecer não reconhecidas e os usuários têm pouca motivação para desenvolver estratégias melhores, resultando em uma subutilização das ferramentas CAD.

Ao concluirmos o presente capítulo constatamos a grande importância da cognição humana no Processo Projetual Arquitetônico. No próximo capítulo, a fim de complementarmos nossos campos temáticos, analisaremos a influência das mídias neste processo.

CAPÍTULO 3. Lápis X Computador no Processo Projetual Arquitetônico

*“- Você projeta com lápis ou com computador?
- Eu projeto com a cabeça.”
(Chico Homem de Melo, In: PINTO, 1999, p. 104)*

3.1. Introdução

Durante o processo de projeção são utilizados suportes para o pensamento do projetista que, aliados às habilidades cognitivas do mesmo, permitem a comunicação com sua imaginação, o registro da evolução de sua idéia/proposta e a interação com os demais envolvidos no processo. O instrumento mediador tradicionalmente usado neste contexto tem sido a representação gráfica.

É a partir da representação gráfica que o raciocínio do arquiteto se apóia e se estrutura e, gradativamente, concebe os caminhos do projeto. A representação gráfica é o suporte da atividade projetual do início ao fim. É o veículo que permitirá a ‘materialidade’ do que antes era apenas uma abstração. Ela é também um instrumento que conduz os processos de reflexão. Cria-se pensando com os sistemas que possibilitam a representação.

De modo a entender corretamente o papel das mídias na projeção e em outras atividades mentais, precisamos levar em consideração as representações internas (representações mentais – apresentadas no capítulo 2) e externas (representações tradicionais ou digitais – apresentadas neste capítulo), como estas são usadas e como relacionam-se entre si.

Durante a história, os arquitetos utilizaram-se de diferentes mídias para representar objetos e espaços. Tradicionalmente, os arquitetos têm utilizado-se de lápis e papel, maquetes e fotografias para comunicar seus projetos. Recentemente, a adoção da computação gráfica deu aos arquitetos a possibilidade do uso de um instrumental de representação que se baseia nos conceitos e fundamentos das técnicas tradicionais; mas, que apresenta recursos sofisticados de visualização, manipulação (processamento e cruzamento), armazenamento e intercâmbio de informações. Portanto, acreditamos que a análise destes meios de representação gráfica, como instrumentos mediadores da projeção arquitetônica, auxilia a compreensão das formas de dialogia que podem ser estabelecidas entre o projetista e o problema/proposta projetual (estas dialogias serão abordadas no item 3.8.1). Deste modo, seria possível compreender e vislumbrar as possibilidades de mudanças do processo projetual quando da adoção de instrumentos mediadores distintos (lápis X computador).

Com este objetivo em mente, neste capítulo, abordaremos inicialmente as características e potencialidades dos meios de representação gráfica utilizados no processo projetual arquitetônico dando especial ênfase à atividade de esboço. Trataremos o desenho, os sistemas CAD e a Arquitetura como linguagens e analisaremos as técnicas tradicionais de representação gráfica historiando-as a fim de situarmos o momento histórico em que vivemos e tentarmos compreendê-lo; para, em seguida, analisarmos as modificações geradas pelo uso das ferramentas CAD, seguindo uma análise histórica até os dias atuais. Também, discutiremos as implicações da computação gráfica na concepção arquitetônica apresentando as características e limitações dos sistemas CAD que dão suporte à projeção.

Arquitetos aprendem a projetar através de desenhos. Segundo ROBBINS (1994), fundamentalmente, o desenho (particularmente o arquitetônico) permite que uma idéia subjetiva torne-se um objeto construído. Por outro lado, o mesmo autor também aborda o desenho como uma representação de uma concepção, uma visão, uma invenção que não precisa ser edificada.

ROBBINS (1994) aponta que um desenho pode ser meio e fim e em ambos os casos este traduz-se como documento, comunicando e revelando e, neste sentido, apossa-se do caráter de linguagem natural. Porém, o desenho apesar de comunicar, apresenta suas limitações, isto é, ele propõe que se faça algo (o projeto); porém, não o representa em sua totalidade já que o processo de projeção inicia-se muito antes com o programa e suas implicações. Além disso, este processo é influenciado por questões tecnológicas que vão além do próprio projeto. Na verdade, podemos dizer que as idéias jamais serão representadas em sua totalidade.

CROWE e LASEAU (1984) afirmaram que o desenho arquitetônico se presta a três funções: representação, abstração e simbolismo. A representação descreve um modelo preciso daquilo que realmente ou potencialmente existe. A abstração envolve a simplificação através de significados mais refinados. Enquanto a percepção pode ocorrer em um nível mais subconsciente e reflexivo, a abstração normalmente opera no nível consciente e intencional. O simbolismo também envolve uma simplificação, à medida que substitui uma imagem representada por um ícone simbólico que pode ser desenhado de modo rápido e miniaturizado.

BOUTINET (1990), para quem a prática arquitetônica consiste em uma passagem entre o espaço do projeto e o espaço do objeto, afirma que o projeto arquitetônico pode ser considerado como o paradigma de toda a atividade projetual. Para Boutinet, é possível, através do mesmo, identificar a dupla relação do autor com o objeto real e com o objeto mental.

SUWA e TVERSKY (1997) reportaram que o desenho arquitetônico revela o pensamento gráfico do projetista e facilita a resolução de problemas e o esforço criativo. VAN SOMMERS (1984) afirma que o ato de desenhar é um sistema de produção que ajuda as pessoas na geração de conceitos. GOEL (1995) argumenta que os desenhos são sistemas de símbolos externos para representar artefatos do mundo real que podem ser manipulados e utilizados como um meio de raciocínio e que as representações gráficas possuem certas capacidades que os símbolos não gráficos carecem – por exemplo, a habilidade de graciosamente representar a incerteza e a ambigüidade.

A mediação através da representação gráfica pode ser expressa em diversas formas: desde técnicas estruturadas e normatizadas até representações esquemáticas e simples. Neste presente trabalho, resumimos, em três, os tipos de representação gráfica durante o processo de projeção tendo por meio o lápis e o papel ou o computador, a saber: os esboços, a perspectiva exata e as representações ortográficas. Salientamos que o computador expandiu o conceito de perspectiva linear estática para o modelamento tridimensional, com possibilidades de infinitas visualizações e da animação da mesma (como veremos a seguir nos itens 3.10 e 3.11).

Trataremos mais adiante, sinteticamente, sobre a perspectiva exata e sobre as representações ortográficas. Em relação aos esboços, faremos, logo abaixo, uma abordagem mais detalhada, já que estes constituem o objeto empírico de nossa pesquisa.

3.2. Os Esboços

Os esboços são desenhos feitos à mão livre freqüentemente usados no início da projeção (fase de concepção). Apesar de serem criados livremente usando-se lápis, mouse ou caneta ótica, os esboços conservam, de modo geral, as convenções de representações técnicas da perspectiva exata e das projeções cilíndricas oblíquas ou ortogonais, embora não apresentem rigor na escala e no traçado. Seu principal objetivo é o de registrar idéias e atos criativos com rapidez, facilidade e flexibilidade, apresentando oportunidades para uma avaliação aprimorada, a comparação de alternativas e a reformulação de problemas (TEMPLE, 1994). SCHÖN (1995) observa que enquanto esboçar pode ser um processo rápido e espontâneo, os rastros residuais deixados são estáveis e podem ser examinados posteriormente pelo arquiteto.

Segundo DO et al. (2000), o papel que os pesquisadores atribuem aos esboços na projeção incluem: a geração de conceitos, a externalização e visualização de problemas, a organização das atividades cognitivas, a facilitação na resolução de problemas e esforço criativo, a facilitação na percepção e translação de idéias, a representação de artefatos do

mundo real que podem ser manipulados e racionalizados a partir desta representação e a revisão e o refinamento de idéias. FERGUSON (1992) afirma que o papel mais importante do esboço para a mente é o de capturar as idéias passageiras.

GOEL (1995), em seu estudos sobre o ato de esboçar, identificou dois tipos de operações que ocorrem entre esboços sucessivos nas fases de resolução de problemas: as *transformações laterais* e as *transformações verticais*. Em uma transformação lateral, o movimento é de uma idéia para outra ligeiramente diferente. Na transformação vertical, o movimento é de uma idéia para uma versão mais detalhada e exata da mesma idéia.

GOEL (1995) concluiu que os esboços a lápis (à mão livre) – em virtude de serem sintaticamente e/ou semanticamente ambíguos e desestruturados - desempenham um importante papel na fase criativa, explorativa e aberta da resolução de problemas. Ele acredita que as propriedades do esboço à mão livre facilitam as transformações laterais e previnem fixações iniciais.

Alguns destes estudos descobriram que os esboços à mão livre representam pelo menos dois papéis importantes no processo projetual. O primeiro é o da *re-interpretação*. O desenho de esboços envolve a associação de representações com conceitos abstratos, assuntos funcionais ou significados. Quando os projetistas revisitam suas representações prévias, estes, necessariamente, não interpretam as representações sempre com a mesma conotação; mas, às vezes, tendem a associá-las com um conceito novo, uma nova função ou um novo significado. É exatamente este fenômeno, que vimos acima, que GOEL (1995) denominou de '*transformações laterais*'. Outro benefício em utilizar esboços é o que SCHÖN e WIGGINS (1992) chamaram de '*descoberta inesperada*'. Externalizar um conjunto de idéias força a organização espacial e a especificidade, como afirmaram STENNING e OBERLANDER (1995), o que, em troca, através da posterior inspeção, pode conduzir a descobertas novas de um modo inesperado. Tanto a re-interpretação quanto as descobertas inesperadas tornam-se a força motriz para a exploração de novas idéias em um projeto. Colocando de um modo mais abrangente, ambas as ações de projeto introduzem a descontinuidade nos processos de resolução de problemas. WEISBERG (1993) afirmou que a descontinuidade em um processo é a chave para a criatividade na resolução de problemas.

Os trabalhos anteriores sobre a compreensão do papel do desenho na projeção foram resumidos por PURCELL e GERO (1998). Esta revisão incluía trabalhos relativos não apenas a esboços; mas, a muitos tipos de atividades de desenho no processo projetual, inclusive figuras, diagramas e imagens em geral.

Os esboços e outras formas de desenho são linguagens que lidam com idéias de projeto. O processo atual de criar idéias de projeto é visto, normalmente, como acontecendo

nos ‘olhos da mente’ e os desenhos são vistos como tentativas de reproduzir as imagens mentais do projetista. O método parte da coordenação mão-olho para produzir representações físicas tais quais esboços no papel. O exercício desta habilidade pode ser mentalmente relaxante e pode reduzir as inibições permitindo o fluxo do pensamento. Enquanto o projetista está desenhando, há uma análise e ordenamento mental da informação que pode conduzir a idéias de projeto. Assim que a imagem é manifestada de algum modo concreto tal qual um desenho ou modelo (físico ou no computador) esta torna-se parte da informação que é usada para produzir a próxima idéia. O processo é o de geração interativa.

Os projetistas colocam grande ênfase no esboço porque, freqüentemente, este é associado à inovação e à criatividade (PURCELL e GERO, 1998). A pesquisa na área da projeção tem examinado extensivamente as fases iniciais (fase de concepção) do processo projetual e o papel do esboço na mesma. SCHÖN e WIGGINS (1992) acentuaram a importância dos esboços à mão livre, afirmando que estes são o meio essencial para que os projetistas possam ‘conversar’ reflexivamente com suas próprias idéias. Estes servem não só como memória externa ou como provedor de pistas visuais para a associação de informações não visuais; mas, também como um local físico no qual, livremente, são construídos pensamentos de projeto.

BRUNER (1996) afirmou que a externalização produz um registro de nossos esforços mentais. Isto nos alivia da tarefa sempre difícil de pensar sobre os nossos próprios pensamentos, corporificando nossos pensamentos e intenções em uma forma mais acessível aos nossos esforços reflexivos.

Um das representações mais amplamente usadas na fase de concepção de um projeto são os esboços a lápis e papel. O ato de esboçar media e facilita os pensamentos e as idéias de projeto emergem como resultado desta interação (LAWSON, 1997b). O arquiteto pode externalizar pensamentos usando um lápis sobre o espaço bidimensional de uma folha de papel, o que requer uma carga cognitiva mínima. O arquiteto pode refletir enquanto desenha e sobre o que já foi representado (SCHÖN, 1995). Enquanto desenha, um arquiteto continua elaborando hipóteses e verificando-as e, gradualmente, vai descobrindo idéias de projeto por um processo de tentativa e erro e reflexão.

LAWSON (1997a) sugere que há duas características importantes para que os esboços sejam úteis nas fases iniciais da projeção: (1) estes não devem mostrar ou sugerir respostas a perguntas que não estão sendo feitas na ocasião; (2) estes devem sugerir apenas um nível de precisão que corresponda ao nível de certeza na mente do arquiteto na ocasião.

Um dos motivos pelo qual o esboço com papel e lápis é muito usado como representação para as fases iniciais da projeção é porque o arquiteto tem controle total sobre

a produção da representação. Este não exige que o arquiteto se comprometa desnecessariamente ao externalizar uma representação.

LAWSON (1997a) sugere que o esboço em uma folha de papel impõe um limite natural ao arquiteto (o tamanho da folha) ajudando-o a compreender o que foi desenhado. Assim, ele acredita que o arquiteto não deve esboçar em um papel maior que o formato A3 a fim de ser capaz de captar tudo na mente de uma só vez. Pois, os esboços que utilizam uma folha de papel maior não podem ser vistos sem o movimento da cabeça ou dos olhos.

MCKIM (1980) afirmou que o pensamento visual é enormemente facilitado através do procedimento de representação do esboço tal qual a interação entre ver, imaginar e desenhar. Afirma-se que o pensamento visual apóia a abstração e a resolução de problemas em um processo baseado no desenho (LASEAU, 1989).

Também, SCHÖN e WIGGINS (1992) investigaram os modos de ver e sua relação com a atividade projetual. Eles consideraram a projeção como uma conversação com os materiais conduzida por intermédio do desenho e crucialmente dependente da visualização. A projeção é caracterizada por uma conversação reflexiva com materiais cuja estrutura básica de ver – mover – ver é uma interação da mesma com a descoberta. Os projetistas desenharam no papel e observam a evolução do produto do seu trabalho, empregando diferentes tipos de visualizações (apreensões visuais ou vendo literalmente) e à medida que eles prosseguem, são feitas descobertas. Características e relações são identificadas que de modo cumulativo geram uma compreensão maior. Eles concluem que isto envolve processos que os computadores estão presentemente impossibilitados de reproduzir.

GOLDSCHMIDT (1994), também nesta área, deduz que os projetistas invariavelmente usam imagens para gerar novas combinações de formas, que eles representam através do esboço. Ela também afirma que eles trabalham de modo inverso, i. e., não apenas representam no papel as suas imagens mentais, eles também esboçam com o objetivo de gerar imagens de formas em suas mentes. Ela afirma que o uso de imagens interativas através do ato de esboçar é um modo racional de raciocínio caracterizado por trocas sistemáticas entre argumentos conceituais e figurativos.

GOLDSCHMIDT (1992) também correlaciona a percepção visual ao desenho arquitetônico através do esboço, afirmando que a relação resultante entre as atividades envolvidas no esboço é: esboço ativo (mão) => percepção passiva (olhos) => cognição ativa (cérebro).

Está claro que a necessidade de visualização é reconhecida por quase todos os projetistas em campos diversos. Porém, é importante fazer a distinção entre: a representação visual que tem por finalidade a comunicação (com clientes, colegas ou outras partes); a que é

usada para avaliação (isto é, para acessar a qualidade do projeto) e a que tem por finalidade a geração de idéias. O pensamento visual encontra-se apenas na representação que objetiva a geração de idéias novas e no raciocínio que dá vazão a elas e facilita a criação de formas na projeção.

GOLDSCHMIDT (1994) afirma que a maioria dos arquitetos, habitualmente, emprega raciocínios imagísticos. Isto representa o aspecto artístico da projeção, incluindo a intuição, respondendo às necessidades estéticas e emocionais e não necessariamente às racionais. Este trabalho conduz à rejeição da visão de que há, apenas, dois modos de pensamento, o ‘analítico - racional’ e o ‘sintético - não racional’ (Ciência X Artes). O pensamento visual é a produção do pensamento através do imaginário visual. Este é encontrado mais freqüentemente no pensamento criativo ou na resolução de problemas que requerem *insight*.

Alguns dos esboços não sucedem idéias da mente; mas, ao invés, as precedem. Assim, freqüentemente, os projetistas esboçam, não para registrar uma idéia, porque ela ainda não está lá; mas, para ajudar a gerá-las. Isto é pensamento visual. O propósito da atividade de esboço inicial é principalmente permitir que o projetista identifique pistas que podem ser usadas para formar e informar conceitos projetuais emergentes. O projetista usa uma série de esboços rápidos para transformar imagens de um modo cíclico: cada esboço gera imagens na mente que, por sua vez, dirige o desenvolvimento de temas incorporados no projeto. Em troca, isto leva o projetista a transformar a imagem prévia através de adições, apagamentos e modificações. Como o objetivo destes esboços não é o de se comunicar com os outros, o projetista pode ser extremamente breve e vago e pode usar taquigrafia pessoal nas representações. A velocidade é um fator muito importante na facilitação das transformações. GOLDSCHMIDT (1991) tem observado que o(a) projetista pode estar pensando sobre um esboço e interpretando o mesmo, isto é, pode estar derivando informação do mesmo ou ele/ela pode estar raciocinando sem o envolvimento da atividade de esboço.

De acordo com CABRAL FILHO (1993a), o esboço possui as seguintes características: é uma ferramenta opcional para avaliar conceitos; é um meio de captar idéias; mostra o não mensurável; não é concebido como uma descrição científica da Arquitetura; é um trabalho inacabado e complementado pela imaginação; é um objeto intersubjetivo carregando diferentes visões subjetivas conectáveis entre si.

Na fase inicial da projeção, o projetista também visualiza seus pensamentos sobre o projeto escrevendo, trabalhando com imagens e fazendo maquetes. Os textos expressam declarações, conceitos abstratos ou questões funcionais, os quais estimulam o futuro desenvolvimento das idéias e estruturam pensamentos projetuais ou informações sobre a tarefa. As marcas como setas, círculos, diagramas ou referências servem para destacar ou

agrupar elementos e para explicitar as noções e as relações entre os mesmos. Elas podem sugerir como a informação é ordenada na cabeça do arquiteto.

O esboço tem sido o principal meio de interação entre o arquiteto e o problema/proposta projetual, nos primeiros momentos da projeção, ajudando na conceituação e definição do problema. A rapidez no registro das idéias dá suporte às operações intelectuais do pensamento criativo, auxiliando a memória de curto prazo e o trabalho de análise e simulação que, paulatinamente, irão definindo a proposta.

A capacidade de representar graficamente os modelos que surgem na mente agrega pensamento visual e pensamento especificamente gráfico, ambos aperfeiçoados através da experiência e do treinamento. A representação gráfica pode ser usada para provocar pensamentos específicos e propositadamente alterar padrões de pensamento promovendo a imaginação e a inovação. Esta também dá suporte à análise e à definição do problema, geração de alternativas, avaliação, desenvolvimento e implementação do projeto.

3.2.1. Os Esboços no Computador

Podemos observar, a partir das pesquisas citadas acima, o reconhecimento da importância da externalização através do esboço. No entanto, não são muitas as ferramentas CAD que levam em consideração quais as representações e interações mais apropriadas às fases específicas de um projeto. Precisamos examinar cuidadosamente que representações um arquiteto usa para aplicar o conhecimento estratégico eficazmente e que tipos de interações são mais apropriados para que o arquiteto não perturbe seus processos de pensamento.

Apesar de existirem algumas opiniões contrárias à utilização do computador na fase de concepção de projeto, muitos esforços vêm sendo feitos para afetar a transição dos esboços a lápis e papel para o ambiente digital. Estes seguem duas escolas principais de pensamento. Primeiramente, há os que transformam conceitos de esboços à mão livre em input digital, através do uso de scanners ou outros métodos. Em segundo lugar, há os que tentam imitar a atividade do esboço natural com métodos computacionais.

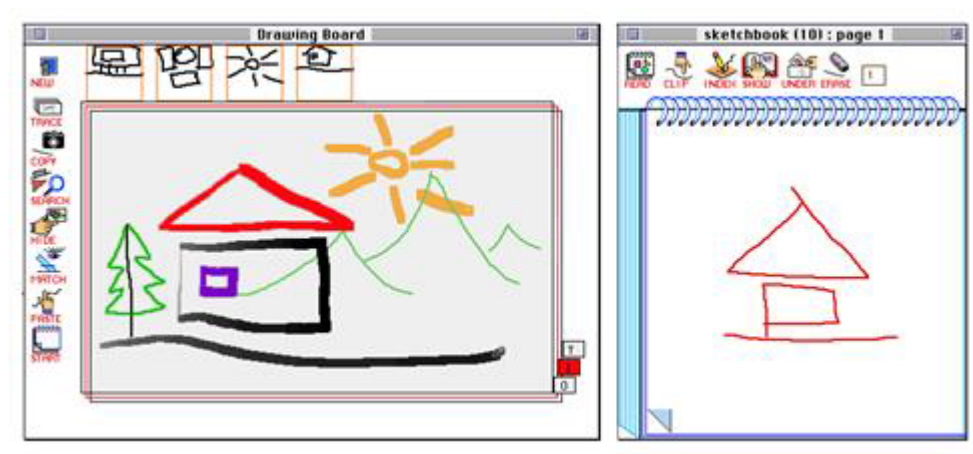
Dentre os que tentam interligar o meio tradicional e o digital, podemos citar o sistema *Fast Shape Designer* (FSD) (VANDIJK, 1995) que é usado para se fazer rapidamente modelos tridimensionais a partir de esboços 2D. Este não tenta substituir o esboço tradicional. O sistema prototípico de TOVEY (1997), também tenta ligar esboços à mão livre a modelos de CAD e pretende ser um modo rápido e conveniente de mudança de conceitos de esboços a lápis para um modelo de computador. Ele acredita que os sistemas CAD têm mais aplicação nesta fase do processo do que tentando apoiar a atividade de esboço diretamente. Também, dentro desta filosofia, podemos citar a ferramenta PROSUS criada por BLESSING (1994)

que facilita a captura e o armazenamento dos esboços iniciais. Esta utiliza uma interface de mesa e caneta para introduzir esboços à mão livre no sistema. Uma folha de papel pode ser colocada entre a caneta e a mesa e é permitido ao usuário ver as marcas no papel assim como no verdadeiro esboço à mão livre e é esta resposta imediata que é psicologicamente importante para o arquiteto. O input eletrônico é salvo como uma imagem em formato *bitmap* e introduzido nas matrizes projetuais do PROSUS. Os sistemas acima citados demonstram algumas das utilidades de se adaptar esboços em papel para formas computadorizadas.

A segunda abordagem é a que procura gerar esboços digitais. Provavelmente, o primeiro estudo em desenho à mão livre no computador foi publicado em 1963 (SUTHERLAND, 1980). Mais recentemente, o sistema VMACS de LAKIN (1989) ajuda a fornecer rotinas de reconhecimento que identificam partes gráficas como expressões em sistemas de símbolo notacionais do sistema. O Design Capture System (DCS - Sistema de Captura Projetual) de HWANG e ULLMAN (1990) é semelhante ao sistema acima mencionado já que se desenha diretamente no computador sem o uso de papel ou caneta. O sistema Electronic Cocktail Napkin (Guardanapo de Coquetel Eletrônico - GROSS, 1996) criou um ambiente experimental no computador para o desenho de esboços e diagramas na fase de concepção de projeto. Este adota uma interface do tipo caneta e papel (vide figura 3.1 abaixo).

Figura 3.1 - Electronic Cocktail Napkin

Fonte: http://www.acm.org/sigchi/chi96/proceedings/demos/Gross/mdg_txt.htm

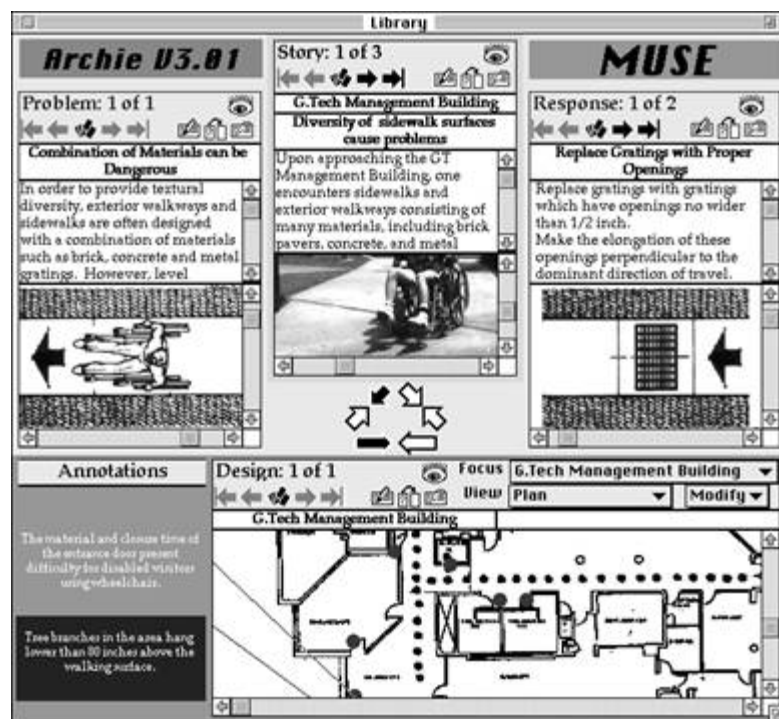


O Electronic Cocktail Napkin apresenta capacidades de reconhecimento e análise gramatical das expressões visuais e esta é, provavelmente, sua característica mais importante. Os diagramas analisados gramaticalmente são comparados com os diagramas já armazenados no índice e aqueles que casam podem ser acessados no banco de dados e podem ser exibidos. Este sistema é usado em parceria para incrementar o sistema ARCHIE (DOMESHEK e

KOLODNER, 1992) de suporte à projeção arquitetônica (vide figura 3.2 abaixo). Os sistemas de esboço digital apresentados acima oferecem um suporte opcional aos arquitetos e aos métodos de esboço à mão livre, sem realmente pretender substituir completamente o esboço à mão livre na fase de concepção. TOVEY (1997) sugere que só há sentido em se imitar a atividade de esboço à mão livre no computador se o arquiteto tiver algum ganho em relação ao método tradicional, já que o esboço através dos meios convencionais é extremamente rápido e efetivo.

Figura 3.2 – ARCHIE: problema, história e resposta no topo; projeção do artefato e anotações em baixo

Fonte: <http://depts.washington.edu/dmachine/PAPER/ASCE96/asce.html>



Porém, apesar de algumas experiências individuais em esboços suportados pelo computador, estes tiveram apenas um pequeno impacto no desenvolvimento dos pacotes CAD comerciais, a maioria dos quais continua a apresentar rotinas de esboço muito básicas e pouco desenvolvidas.

Pesquisas (MCGOWN et al., 1998) indicam que os esboços à mão livre possuem as seguintes vantagens em relação aos sistemas de esboço no computador: maior velocidade; maior facilidade de uso; melhor qualidade da resposta; mais qualidades expressivas; só são limitados pela imaginação do arquiteto. De modo inverso, as atividades de esboço suportadas pelo computador podem fornecer características desejáveis não oferecidas pelos métodos tradicionais do lápis e papel, tais quais: habilidade de armazenamento; rapidez na procura por

materiais armazenados na memória do computador; durabilidade e permanência (esboços armazenados no computador não são perdidos facilmente) e ligações diretas para ferramentas do computador e da rede.

A partir da revisão de literatura, podemos observar que o esboço desempenha um papel extremamente importante no processo projetual e que o uso do esboço auxiliado pelo computador está apenas em sua fase embrionária, mas ainda poderá tornar-se uma realidade mais efetiva. Porém, há uma necessidade de se identificar que mudanças na natureza e na estrutura do processo projetual e/ou na estrutura dos programas CAD precisam ser feitas para se usar CAD como ferramenta de concepção de projeto. Uma tentativa de tal identificação, com sugestões, é feita no presente trabalho no item 6.3.8 do capítulo 6.

3.3. A Perspectiva Exata

Com a objetividade de suas regras, o surgimento da perspectiva exata possibilitou uma visualização antecipada das idéias projetuais, separando o processo de projeção da própria construção. OSTROWER (1987), falando sobre a perspectiva, afirma que esta apresenta um sistema tão lógico de relacionamento entre o todo e as partes, determina e define tão rigorosa e claramente a plasticidade dos objetos que dá a ilusão do real - extrapolada pela computação gráfica - à imagem.

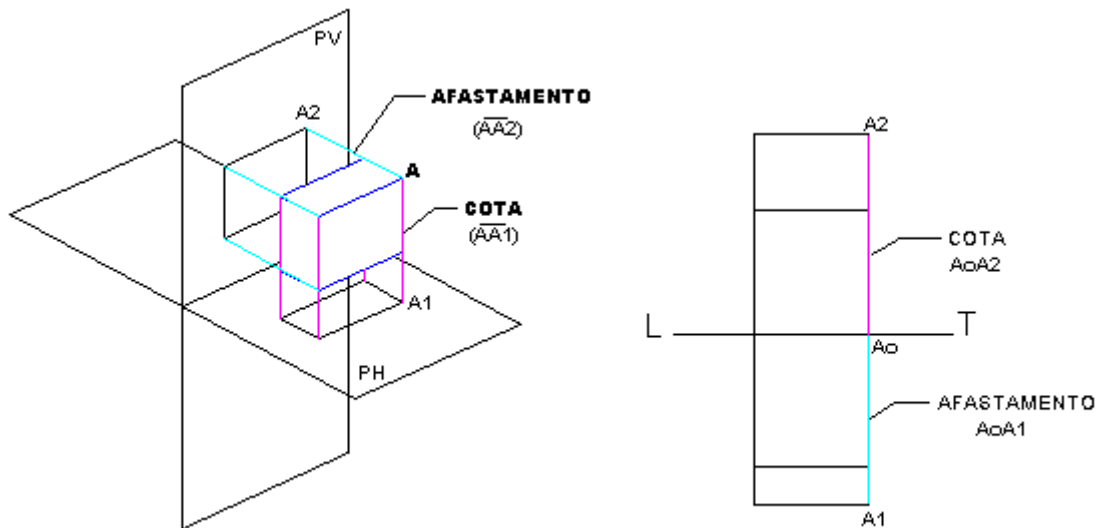
Apesar de permitir a simulação do objeto arquitetônico, a perspectiva demanda, entretanto, um trabalho gráfico complicado e cansativo. Portanto, com a sistematização das representações ortográficas, a perspectiva exata passou a ser desenvolvida apenas para o desenho de apresentação e perdeu sua importância como meio de comunicação com os construtores. Seus princípios gerais, contudo, continuam sendo usados nos croquis de perspectivas para concepção do projeto (LASEAU, 2000).

Uma abordagem mais detalhada sobre perspectiva e o paradigma perspectivístico será desenvolvida, posteriormente, no item 3.9.

3.4. As Representações Ortográficas

A sistematização das representações ortográficas (ou método mongeano) fundamentou-se com a Geometria Descritiva (vide item 3.9) e constitui-se na técnica de representação mais importante para a comunicação com os construtores. O método mongeano baseia-se nas relações homológicas estabelecidas entre um objeto no espaço e suas projeções em planos ortogonais entre si (vide a figura 3.3). Este viabilizou a representação de objetos tridimensionais no espaço bidimensional possibilitando, através de traçados geométricos, a análise das propriedades topológicas, geométricas e dimensionais dos mesmos.

Figura 3.3 – Método Mongeano desenvolvido por Gaspar Monge
 Fonte: <http://www.terravista.pt/mussulo/1362/geomedesc/monge.htm>



As representações ortográficas precisas são usadas na documentação final do projeto, para fins legais e construtivos. No entanto, é comum o uso das mesmas à mão livre, como mediadoras nas fases iniciais, nos esboços de concepção do projeto.

As técnicas de representação para cada atividade projetual (os desenhos técnicos) são fundamentadas na Geometria Descritiva. Estas utilizam-se de convenções, símbolos e normas técnicas específicas, de cada área, objetivando a redução no detalhamento, sem a perda da informação necessária.

3.5. O Desenho Arquitetônico

O desenho arquitetônico caracteriza-se pela representação fracionada do objeto arquitetônico por meio de vistas ortográficas (plantas, cortes e elevações). Esta é uma técnica dita abstrata por realizar uma redução dimensional, ou seja, uma das três grandezas do objeto (largura, comprimento ou altura) é anulada pela projeção cilíndrica ortogonal, já que uma face do objeto deverá estar paralela ao plano de projeção. Esta representação segmentada ao mesmo tempo em que registra fielmente as dimensões e topologia dos seus elementos constituintes, dificulta a visualização do conjunto e exige um sofisticado raciocínio espacial.

3.6. O Pensamento Gráfico

Independentemente do instrumento mediador da projeção, é exigido do arquiteto um conjunto de habilidades mentais e manuais, associadas ao conhecimento específico e à experiência profissional. Como afirma ABERCOMBRIE (1971) uma parte importante da

aprendizagem do arquiteto está em aprender a usar o código (desenhos e maquetes), a interpretá-lo e a manipulá-lo. Deste modo, ela enfatiza a importância de se saber coordenar as informações originadas nos músculos com as originadas nos olhos.

LASEAU (1989) utiliza o termo '*pensamento gráfico*' para descrever o pensamento auxiliado por esboços na fase de concepção de um projeto, na qual pensamento e esboços trabalham em conjunto impulsionando o desenvolvimento da idéia. O processo do pensamento gráfico pode ser visto como uma conversação com nós mesmos, na qual nos comunicamos com os esboços. Laseau considera, também, que o pensamento gráfico requer quatro tipos de habilidades como suporte: observação, percepção, seletividade e imaginação. Nesta mesma obra, Laseau acrescenta que a comunicação através do desenho abrange a imagem desenhada, os olhos, o cérebro e as mãos, de modo que o potencial do pensamento gráfico reside no ciclo contínuo de troca de informações entre estes quatro elementos. Teoricamente, quanto mais a informação é passada através deste ciclo, maiores são as oportunidades de mudança. Como é possível que esta rede de elementos gere idéias que ainda não estão em nossa mente? Parte da resposta reside na definição do que seja uma idéia. As chamadas novas idéias são realmente uma nova maneira de olhar para uma combinação de idéias antigas. Todas as idéias podem ser vistas como conectadas. O processo do pensamento rearranja as idéias, foca em determinadas partes e as recombina. No diagrama do processo do pensamento gráfico, todas as quatro partes – olhos, cérebro, mãos e esboço – apresentam a capacidade de adicionar, subtrair ou modificar a informação que está sendo passada através desse ciclo comunicativo. Os olhos, auxiliados pela percepção, podem selecionar um ponto focal e separá-lo das outras informações. O cérebro, certamente pode adicionar informações; mas, as mãos e o esboço também são importantes. Existe uma diferença entre o que se pretende desenhar e o que é realmente desenhado. A habilidade manual, os materiais e o nosso humor podem ser fontes de mudança.

Ainda segundo LASEAU (1989), o pensamento gráfico tira vantagem do poder da percepção visual tornando imagens visuais externas e explícitas. Colocando-as no papel, damos às imagens visuais uma objetividade fora do nosso cérebro, uma existência delas mesmas através do tempo. O pensamento gráfico, como um pensamento externalizado, apresenta diversas vantagens sobre os pensamentos internalizados. Primeiramente, o envolvimento sensorial direto com os materiais fornece subsídios para o pensamento. Em segundo lugar, pensar através da manipulação de uma estrutura real permite as descobertas por acaso. Em terceiro lugar, o pensamento localizado em um contexto direto, vendo, tocando e movendo causa um senso de imediatismo, atualidade e ação. Em quarto lugar, a estrutura do pensamento externalizado fornece um objeto para contemplação crítica bem como uma forma

visível que pode ser compartilhada com os outros. Finalmente, os esboços permitem que vejamos uma grande quantidade de informação ao mesmo tempo, expondo relações e descrevendo uma série de sutilezas e permitindo que possamos olhar para nossas idéias através de uma perspectiva diferente, refletir sobre elas, absorvê-las e reconsiderá-las. Os seis principais usos do pensamento gráfico na projeção arquitetônica são: representação, abstração, manipulação, expressão, descoberta e verificação (LASEAU, 1989).

3.7. As Limitações dos Meios de Representação

Estamos conscientes da deficiência dos meios de representação em incorporar, da maneira mais abrangente possível, todos os elementos e atributos possíveis do espaço arquitetônico em proposição, já que toda representação é, por natureza, em menor ou maior grau, limitada e incompleta. Acreditamos que o papel da representação arquitetônica deve transcender a mera transcrição do objeto mental para o objeto real, deixando espaço para que as representações possam corporificar algum simbolismo, procedente do próprio projeto e dos olhares que o vêem, o interpretam e o reconfiguram.

Apesar das limitações dos meios de representação, entendemos que o processo projetual arquitetônico tem na representação gráfica, um fator de relevância fundamental. Entender como estrutura-se a mediação exercida pelas tecnologias empregadas na projeção é um caminho para a compreensão das influências que a adoção de novos instrumentos mediadores podem ter na atividade projetual. Isso ocorre visto que o desenho continua sendo uma atividade central no processo projetual e uma das ferramentas mais poderosas na comunicação do pensamento projetual (LAWSON, 1997b). O desenho é vital como mediador no processo criativo do pensamento, ele auxilia a memória de curto prazo, através do registro das idéias surgidas, para posterior análise e confronto com outros aspectos, equacionando, assim, a resolução do problema. Deste modo, a representação gráfica funciona como um mecanismo de simulação.

Nos itens acima, do presente capítulo, apresentamos as características e potencialidades dos diversos meios de representação gráfica e suas influências sobre o processo projetual arquitetônico.

Segundo BRAVO (1992), a reflexão sobre a relação entre a Arquitetura e os instrumentos mediadores utilizados no processo projetual remete-nos, inevitavelmente, às discussões sobre as relações entre pensamento e linguagem (falada, escrita ou imagética): não existe pensamento independente da linguagem e esta delimita aquele.

3.8. A Representação Arquitetônica, a Arquitetura e os Sistemas CAD como Linguagens: Algumas Traduções

Como apontam ARANHA & MARTINS (1986), a linguagem é um sistema simbólico. O homem é o único animal capaz de criar símbolos, isto é, signos arbitrários em relação ao objeto que representam e, por isso mesmo, convencionais, ou seja, dependentes de aceitação social. Não necessitamos mais da existência física das coisas para comunicarmo-nos: criamos, através da linguagem, um mundo estável de idéias que nos permite lembrarmos do que passou e projetarmos o que ainda virá. Toda linguagem é um sistema de signos. O signo é algo que está em lugar de outra coisa, representando-a. Por exemplo, o gesto de abanar a mão, em determinadas culturas pode estar no lugar de um adeus. Se um signo está no lugar de um objeto, podemos classificá-lo dependendo da relação que o signo mantém com o objeto representado como: ícone, índice ou símbolo. O ícone mantém uma relação de semelhança com o objeto representado; por exemplo, o desenho de um objeto, uma fotografia. O índice mantém uma relação de causa e efeito, por exemplo: nuvens são signos de chuva. E, o símbolo mantém uma relação arbitrária regida por convenção, por exemplo: a palavra que varia em som e em forma escrita conforme as diversas línguas e culturas.

Ainda segundo os autores acima citados, por ser um sistema de signos, toda linguagem possui um repertório (os signos que a compõem). Por exemplo, um dicionário relaciona signos que pertencem a uma língua. Também, é necessário que se estabeleçam as regras de combinação dos signos. Por exemplo, não podemos combinar signos com sentidos opostos (subir/descer) numa mesma frase, isto é, ninguém pode subir/ descendo uma escada. Uma linguagem também deve estabelecer suas regras de uso. Por exemplo, quando e como usar a cor preta como luto.

3.8.1. A Linguagem do Desenho

Traduzindo a conceituação acima para a Arquitetura, podemos ver a representação arquitetônica como uma linguagem icônica dotada de todos os elementos que caracterizam uma linguagem: um repertório de signos, regras de combinação e regras de uso. A linguagem do desenho ainda possui uma vantagem em relação à palavra falada e escrita que é a universalidade. Por exemplo, se quiséssemos comunicar-nos sobre um chapéu, usando a linguagem verbal, teríamos que conhecer o símbolo (palavra) daquele país utilizado para substituir o objeto chapéu; no entanto, se desenhássemos um chapéu poderíamos ser mais facilmente compreendidos em quase todos os países nos quais estivéssemos e onde o objeto ‘chapéu’ fosse um elemento cultural.

Como afirmou OSTROWER (1987), no processo projetual arquitetônico '*pensa-se desenhando*'. São freqüentes as alusões ao '*diálogo*' que se desenvolve entre o arquiteto e sua idéia mediada pelo desenho. Porém, acreditamos que este processo é mais que um diálogo e pode ser concebido como um processo dialógico, termo usado por BAKHTIN (1975) para analisar a linguagem verbal.

A dialogia é um modo de conversação reflexivo que pode ocorrer no interior do próprio sujeito, com um único sujeito e uma ou mais enunciações ou, ainda, durante a interação (diálogo) entre sujeitos distintos. As relações dialógicas são compreendidas como relações de sentido, sejam entre os enunciados de um diálogo real e específico ou numa esfera mais ampla do discurso das idéias criadas por vários autores ao longo do tempo e em espaços distintos. Portanto, a noção de dialogia extrapola a idéia de diálogo, pois, comumente, refere-se aos muitos modos como duas ou mais vozes e também contextos e momentos diferentes, entram em contato. Estas vozes também podem ser representações do pensamento de um indivíduo, '*conversando*' consigo mesmo sob diferentes aspectos ou pontos de vista (REGO, 2000).

Acreditamos que assim como podemos afirmar que o desenho é uma linguagem, também podemos estender a concepção dialógica da linguagem verbal para a linguagem gráfica (desenho) que é usada durante a projeção arquitetônica, embora o desenho também utilize o primeiro tipo de linguagem. Durante o processo projetual constrói-se um diálogo de múltiplas imagens que se configuram em enunciações através do desenho. Assim como os discursos falados e escritos compõem as relações dialógicas da linguagem verbal, a representação gráfica pode ser vista como o centro da dialogia na projeção (REGO, 2000).

Para BAKHTIN (1975), a atividade mental organiza-se através da expressividade da linguagem verbal: quanto mais se fala sobre as idéias, melhor as mesmas são elaboradas no interior do pensamento. Podemos afirmar que o mesmo acontece com a linguagem gráfica: quanto mais se desenha, melhor compreende-se o problema/proposta projetual.

A representação gráfica é o principal instrumento mediador na dialogia que se forma na projeção arquitetônica. Porém, não é só o desenho que desempenha esse papel, outras '*tecnologias da inteligência*', como a linguagem verbal (oral ou escrita), também são de grande importância no processo. Para LÉVY (1993) as '*tecnologias da inteligência*' resultam da comunhão dos diversos modos de linguagem e mecanismos de representação, criados pelo homem e são suportados por dispositivos materiais, servindo como instrumentos mediadores das relações individuais ou coletivas. Ele ressaltou a importância do papel mediador das '*tecnologias da inteligência*' em relação à capacidade humana de pensar por representações (simulação de modelos mentais). Ele defende que estas tecnologias, juntamente com a

inteligência humana, permitem a sistematização, enquadramento, decodificação e decifração que se formam nas principais ações envolvidas nos processos cognitivos humanos. A representação gráfica também exerce um papel comunicativo no processo projetual, mais especificamente na comunicação, estabelecendo a mediação e integração entre as múltiplas enunciações ou vozes envolvidas na dialogia projetual.

3.8.2. A Linguagem Arquitetônica

Não apenas a representação arquitetônica pode ser vista como uma linguagem. Na prática, também tem sido tentado estabelecer um paralelo entre o processo projetual e o paradigma lingüístico. Seguindo esta linha de raciocínio, o processo projetual arquitetônico é visto como um processo compositivo. Assim, considera-se o edifício como sendo formado por partes articuladas para a constituição de um todo ou como um todo detalhado em suas partes constituintes. As partes comporiam o vocabulário e o modo como estas são articuladas e modificadas expressaria a sintaxe que ao serem associadas ao significado e ao conteúdo estético construído num contexto definido, poderíamos denominar de ‘linguagem arquitetônica’.

Em virtude da necessidade de sistematização exigida pela informática, esta analogia vem sendo muito usada na viabilização tanto de pesquisas para a criação de sistemas especialistas quanto das pesquisas que estudam as ferramentas CAAD (*computer aided architectural design*).

Vários pesquisadores identificaram conceitos essencialmente semelhantes aos *chunks* (vide capítulo 2) da psicologia cognitiva que são usados por arquitetos durante o processo projetual criando o que eles denominaram de linguagem arquitetônica.

3.8.3. A Linguagem dos Sistemas CAD

A linguagem dos sistemas CAD utiliza-se de elementos que, geralmente, estão baseados em representações geométricas e matemáticas que facilitam as transformações de coordenadas e outras operações matemáticas. Linhas, círculos, planos, poliedros e símbolos podem ser encontrados na maioria dos programas. A combinação destes elementos parece-se com elementos arquitetônicos; mas, pode ser difícil manipulá-los do modo como manipulamos elementos de um projeto arquitetônico.

Alguns sistemas usam outros tipos de elementos: (1) sistemas baseados em formas paramétricas que utilizam um conjunto de formas, que são agrupadas para construir um modelo; (2) Geometrias Sólidas Construtivas (CSG) que são construídas criando volumes

sólidos, transformando-os e combinando-os ou, ainda, (3) sistemas que criam modelos através da edição de linhas de comando (AKIN, 1998).

Outros sistemas têm sido criados, onde os elementos são mais diretamente de natureza arquitetônica. Estes sistemas, porém, apresentam exigências rígidas que governam o que constitui um modelo ‘correto’: hierarquias apropriadas de sub-elementos devem ser criadas ou as relações entre certos elementos (como paredes e quartos) devem ser cuidadosamente mantidas a toda hora. Estas exigências podem tornar tais sistemas difíceis de serem usados nas fases iniciais de concepção do projeto que se caracterizam por um desenho esquemático, quando tais relações ainda não estão claramente definidas.

3.8.4. A Tradução entre as duas Linguagens - da Arquitetônica para a dos Sistemas CAD

As representações nos sistemas CAD ainda não desempenham um bom trabalho no sentido de ‘casar’ com as representações mentais usadas pelos arquitetos. Representações externas tais como desenhos, modelos físicos ou modelos de computador podem melhorar o desempenho, aumentando efetivamente a memória de um arquiteto e facilitando a avaliação de certas idéias. Porém, a fim de constituir-se em uma ajuda valiosa, uma representação externa não pode tornar-se uma fonte de esgotamento dos recursos cognitivos. Esta tem que evitar que os usuários tenham que traduzir conceitos de suas representações internas nos termos da representação externa. Como vimos anteriormente, elementos tais como paredes, colunas, portas etc. são exemplos de elementos de projeto em torno dos quais o conhecimento e as habilidades de um arquiteto baseiam-se. Isso se dá por ser mais lógico pensar sobre edifícios nestes termos, já que estes conceitos agrupam informações sobre aparência, função, significado e outros tópicos pertinentes ao projeto arquitetônico. Estas representações permitem o uso eficiente de recursos cognitivos limitados como a atenção e a memória de curto prazo. Estas estão fortemente ligadas aos processos de pensamento que um arquiteto usa durante o processo projetual, incluindo estratégias de solução e percepção.

Quando o arquiteto é obrigado a traduzir idéias de projeto em representações no sistema CAD, isto interfere no projeto, ao invés de ajudar. Tentar mudar a estrutura da memória e os processos de pensamentos subconscientes usados pelos arquitetos não nos parece uma abordagem promissora. Uma abordagem melhor seria a de construir sistemas CAD que trabalhem com o arquiteto permitindo que estes usem processos mentais familiares e com um mínimo de intrusão.

Infelizmente, na maioria dos sistemas CAD, o usuário ou é forçado a traduzir idéias arquitetônicas nos termos dos sistemas ou a tentar pensar em termos de elementos do mesmo. Qualquer uma das opções desperdiça recursos cognitivos. O computador deveria fazer a tradução, permitindo que o arquiteto se concentrasse no uso dos processos e conceitos vitais à sua habilidade de projetar (AKIN, 1998).

De acordo com este princípio, JOHNSON (1997) definiu as diretrizes relativas às representações (em um sistema CAAD) onde estas deveriam: permitir que o arquiteto executasse a maior parte do trabalho em um formato gráfico; corresponder a elementos arquitetônicos; ter características apropriadas ao elemento arquitetônico que elas representam; ser duradouras; ser agrupáveis; ser gradualmente aperfeiçoáveis e, finalmente, não importunar os usuários com informações indesejadas. Este autor, juntamente com sua equipe, está, atualmente, desenvolvendo um *software* a fim de demonstrar a viabilidade de tais diretrizes.

No item 3.8, acima, fizemos um paralelo entre a representação gráfica, a Arquitetura, os sistemas CAD e a linguagem.

3.9. A Representação Gráfica na Era Pré-Computador

Neste item, apresentaremos um breve histórico da representação gráfica, antes do surgimento do computador.

As formas atuais de representação na Geometria Gráfica e, conseqüentemente, na projeção, surgiram diante da necessidade de descreverem-se bidimensionalmente os objetos tridimensionais. A evolução humana vem sendo acompanhada pelas transformações em sua expressão gráfica. Já na pré-história, o homem sentia necessidade de representar graficamente imagens da caça e da fecundidade (vide as figuras 3.4 e 3.5).

Figura 3.4 – Pintura rupestre: Gruta de Lascaux, França

Fonte: <http://www.arqueologyc.hpg.ig.com.br/rupestre.htm>



Figura 3.5 - Pintura rupestre: cenas de caça em Valltorta, Castellon
Fonte: <http://www.historiadaarte.com.br/arteprehistorica.html#img>



Os egípcios foram os primeiros povos que criaram planos de execução prévios ao início das construções, contendo plantas baixas, imagens de edifícios e esboços (ROBBINS, 1994 – vide a figura 3.6).

Figura 3.6 – Arquitetura egípcia: colunas do templo de Luxor em Tebas
Fonte: http://www.pegue.com/artes/Arquitetura_egipcia.htm



Os gregos iniciaram o raciocínio dedutivo, sistematizando o método geométrico. Nessa época, a expressão gráfica começou a diferenciar-se entre arte e técnica representativa bem como muitos conceitos de Geometria e representação foram desenvolvidos. As normas clássicas foram criadas e definidas por Vitruvius (o mais antigo teórico da Arquitetura). Vitruvius, em seu livro datado de 27 aC intitulado *‘De Architectura’*, explica claramente algumas regras básicas do desenho: “a planta, a elevação e o que Vitruvius chamou de perspectiva eram usados toscamente pelos arquitetos e clientes em suas interações” (ROBBINS, 1994, p. 315).

No Renascimento Italiano, a descoberta da perspectiva linear, por Brunelleschi, por volta de 1420, representou um grande avanço na tentativa humana de representar o tridimensional. No entanto, foi Leonardo da Vinci quem sistematizou os métodos perspectivos (vide a figura 3.7).

Figura 3.7 – A Última Ceia, pintura de Leonardo da Vinci

Fonte: <http://www.ibiblio.org/wm/paint/auth/vinci/lastsupp.jpg>



Ver a descoberta da perspectiva como o mero surgimento de um novo sistema de representação constitui-se em uma interpretação no mínimo superficial, já que esta gerou o que os historiadores consideraram '*o paradigma perspectivo ou perspéctico*'. PANOFSKY (1991), DAMISH (1994) e PÉREZ-GOMEZ e PELLETIER (1997) colocam a perspectiva como uma metáfora simbólica causadora de fortes impactos em várias disciplinas, dentre elas: a Arquitetura, a História da Arte, a Matemática, a Filosofia e a Psicanálise, através do significativo papel que a subjetividade passou a assumir com a modificação do pensamento humano sobre a visualização.

Talvez, o aspecto mais importante do surgimento da perspectiva é que esta trouxe subjacente uma nova abordagem de mundo diferente da visão medieval (vide a figura 3.8 a seguir), ou seja, o homem – substituindo Deus – assumia o papel de centro do universo e era capaz de representar, analisar e descrever o que via. A partir de então, a natureza e o mundo físico poderiam ser explicados através de funções matemáticas e o espaço – anteriormente enquadrado no contexto divino – seria passível de uma abordagem racional.

PÉREZ-GOMEZ e PELLETIER (1997) ressaltam que no século XV houve uma fascinação por parte dos pintores e arquitetos pela perspectiva linear. Nos séculos que se seguiram (XVI e XVII), apesar da relação entre plantas, elevação e perspectiva ter tornado-se evidente através da experiência em construção dos edifícios, do ponto de vista do processo projetual, tal homologia – entre estas representações e uma forma de projeção – não foi imediatamente pensada. Ainda no século XVII, Gerard Desargues visualizou a perspectiva como ciência prescritiva. Contudo, esta teoria foi negada pelos artistas e arquitetos da época.

Figura 3.8 – Pintura da Idade Média do pintor Cimabue: Madona no trono com o menino Jesus, anjos e profetas, Firenze

Fonte: <http://www.rainhadapaz.g12.br/projetos/artes/daumier/4divisoas.htm>



Foi só no final do século XVIII, que a Geometria Descritiva de Gaspar Monge incorporou a teoria de Desargues, que a partir do século XIX é transformada na base conceitual e metodológica da época. Monge desenvolveu a base teórica desta nova Geometria generalizando e sistematizando como ciência o que até então era feito de forma empírica. Em sendo a Geometria Descritiva uma disciplina paradigmática para os profissionais que trabalham com a representação gráfica, esta ao permitir a redução de objetos tridimensionais em representações bidimensionais, transformou a relação entre desenhos e o ambiente construído em um mero processo de tradução. Com a Revolução Industrial, a Arquitetura começou a aplicar a Geometria Descritiva já que esta enquadrava-se perfeitamente aos critérios de controle e precisão exigidos na época, facilitando a representação e a comunicação entre os profissionais.

Seria impossível que o surgimento da perspectiva não tivesse influenciado a Arquitetura, visto que esta mantém uma relação forte e direta com os sistemas de representação gráfica. Podemos esboçar o impacto do '*paradigma perspéctico*' na Arquitetura através de duas leituras. A primeira que caracteriza a perspectiva como um sistema de representação geométrico visando a exata correspondência entre desenhos e objeto. A segunda que caracteriza a perspectiva como uma metáfora simbólica, conferindo a este paradigma o poder de trazer à representação e ao processo projetual arquitetônico, aspectos

conceituais e subjetivos onde a ‘*metáfora da janela (ver através de)*’ utilizada por Alberti na Renascença e o conceito de ‘*distância entre o observador e a cena*’ podem ser reconduzidos para uma análise sobre a utilização dos computadores na Arquitetura (PÉREZ-GOMEZ e PELLETIER, 1997). Existem similaridades claras entre a evolução da representação através da computação gráfica e a evolução das técnicas perspectivas durante a Renascença. A decomposição dos volumes em polígonos, a paixão pela manipulação da imagem e a abordagem da luz através da Geometria das leis da ótica são aspectos que fazem com que a computação gráfica pareça com a realização dos objetivos enraizados no paradigma perspectico.

No item acima, tentamos apresentar um breve histórico das técnicas tradicionais de representação gráfica, anteriores ao surgimento do computador, a fim de situarmos o momento histórico em que vivemos e tentarmos compreendê-lo.

3.10. CAD e Arquitetura: A Era Digital

A computação gráfica, depois do Sistema Mongeano e da perspectiva, pode ser vista como a terceira sistematização da representação gráfica. Para o processo projetual, a mais importante destas tecnologias tem sido os programas de auxílio à projeção (programas CAD - *computer aided design*) que embora incorporando conceituações das sistematizações anteriores, apresentam conceitos próprios; distinguindo-se por seu modo de interação entre o arquiteto e o instrumento mediador.

O século XX trouxe uma nova revolução para a expressão gráfica: a computação gráfica. O uso inicial de computadores em projetos arquitetônicos só aconteceu em 1963 com a tese de doutorado do Dr. Ivan Sutherland do MIT denominada: ‘*Sketchpad: A Man Machine Graphical Communication System* – (*Sketchpad: Um Sistema Gráfico de Comunicação Homem-Máquina*)’. Timothy Johnson, também em 1963, expandiu a idéia do Sketchpad para três dimensões (RAY-JONES, 1968 – vide a figura 3.9).

Figura 3.9 - Ivan Sutherland e seu *Sketchpad*

Fonte: <http://www.sun.com/960710/feature3/sketchpad.html>



Em meados dos anos 60, os pacotes gráficos CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture*) apareceram no mercado; no princípio, para dar apoio à indústria automobilística e depois para auxiliar uma série de atividades tais como a Arquitetura, o Urbanismo e inúmeras outras.

De 1966 a 1975, aconteceu um grande desenvolvimento. Uma geração nova de sistemas CAD chegou ao mercado. Foram desenvolvidos programas nas áreas de planejamento econômico, planejamento espacial e iluminação e outros que analisavam o desempenho acústico e térmico de uma edificação, bem como o uso de *software* que auxiliava na representação gráfica começou a tornar-se comum. No final deste período, passou-se a utilizar o *software* de uma maneira integrada. Também foram introduzidos cursos de computação nos cursos de Arquitetura de algumas universidades.

De 1976 a 1980, um pequeno número de escritórios começou a usar o computador para auxiliar nos desenhos. Durante os anos setenta, pareceu que, todos os objetivos estabelecidos pelo paradigma perspectivista, durante o século quinze, tinham finalmente realizado-se: o fim da personalização e da subjetividade daria lugar a uma Arquitetura científica. As promessas eram tão grandes que Mitchell afirmou que um sistema de *design* automatizado seria capaz de gerar não somente um *design* original, como também um estilo característico (MITCHELL, 1977). No entanto, estas expectativas não se tornaram reais.

Nos anos 80, com o surgimento dos microcomputadores no mercado, sua melhoria e conseqüente redução nos custos, os arquitetos começaram a perceber o potencial do computador no escritório. Nesta época, operadores especialistas eram normalmente empregados e as operações no computador eram freqüentemente mantidas em um ambiente físico distinto dos estúdios de projeto (MITCHELL, 1990).

O desempenho do *hardware* e do *software* continuou melhorando até o presente. O uso de computadores em Arquitetura ficou mais sofisticado: eles são mais fáceis de usar e capazes de executar uma série de funções de avaliação em um projeto de um edifício. Hoje, por exemplo, o arquiteto pode convidar o seu cliente para acompanhar-lhe em uma viagem virtual através de espaços por ele projetados e para experienciar visualmente a sua representação da Arquitetura antes dela tornar-se um objeto construído.

A computação gráfica na Arquitetura pode conduzir a um processo de abstração e fragmentação da imagem a um grau máximo, tornando possível e ainda mais eficaz a fluidez da imagem. O *pixel*, elemento mínimo da imagem computadorizada, guarda informações sobre a sua cor e posição, evidenciando uma nova sintaxe morfológica.

Na Renascença, através do reflexo de um objeto no espelho, o homem pode representar o que via através da estruturação da perspectiva. Naquele momento, o homem e

seu ponto de vista individual passavam a ter importância no mundo. Hoje, com as ferramentas computacionais, novos espelhos estão sendo colocados diante de nossos olhos sugerindo novas maneiras de pensar e de representar o mundo.

HARDENNE (1994) atesta que o desenho sempre assumiu diferentes funções no desenvolvimento do projeto. Com a ferramenta computacional seria necessária uma apreciação mais apurada da operacionalidade e função de cada um desses tipos de desenho para então compreender as possíveis mudanças geradas pelo uso do computador durante o processo projetual.

NAVEIRO e BORGES (1998), falando sobre a engenharia concorrente, afirmam que esta prega que as várias atividades relacionadas em um projeto devem acontecer de forma integrada e em paralelo e não seqüencialmente. Neste caso, o computador seria um facilitador neste processo, pois, na verdade, no novo ambiente de trabalho, utilizando-se computador, as fronteiras entre as fases de um projeto deixam de existir. De fato, em termos de representação de projeto, ao invés de produtos distintos, tem-se sempre o mesmo produto, representado em níveis diversos de detalhe e precisão. Um desenho sempre poderá ser reutilizado e acrescido de novos detalhes, novas informações e, possivelmente, impresso em uma nova escala. Esta redefinição dos instrumentais de trabalho exigirá mudanças formais e estruturais profundas.

Recentemente, existe uma preocupação sobre as implicações dos computadores e outras tecnologias na Arquitetura. Estas preocupações vão desde a perda do toque pessoal até o medo que o pensamento humano venha a se tornar subserviente às máquinas. Os computadores, bem como outras tecnologias de comunicação, certamente oferecem novas possibilidades e mudanças potenciais na percepção. Mas, estes compartilham características básicas com as ferramentas que temos adotado através da história: estes não são auto-definidos. É o significado que encontramos nas novas ferramentas, bem como o propósito que atribuímos a elas que irão determinar sua contribuição e seu papel na projeção.

Os arquitetos, de modo geral, encontram-se familiarizados com a utilização de diferentes mídias: papel, maquetes e, mais recentemente, computadores. Porém, em relação ao computador, verificamos uma lenta e gradual modificação de seu uso como ferramenta só de representação para ser também utilizado como ferramenta de concepção. É nesta direção ainda pouco explorada, da utilização do computador como meio criativo, que podemos vislumbrar futuras aplicações para a associação Arquitetura - computadores. Não queremos com isso negar a importância da visualização do que virá a ser o objeto durante o processo projetual; porém, a visualização por si só não é suficiente para dar conta dos vários condicionantes objetivos e subjetivos da projeção.

No item acima, apresentamos um breve histórico sobre o surgimento e desenvolvimento da computação gráfica.

3.11. O Computador na Prática da Arquitetura Hoje

Neste item, procuraremos expor de que forma a computação vem sendo utilizada na Arquitetura e as implicações da mesma em nossas formas de trabalho e de relacionarmos-nos com o outro, com o processo projetual e com o objeto arquitetônico.

Enquanto a primeira fase de computadores, projetados para automatizar tarefas que requerem cálculos matemáticos, obteve um sucesso impressionante, os computadores projetados para aumentar as capacidades tipicamente humanas apresentaram resultados desapontadores (LANDAUER, 1995).

Um das explicações mais comuns para este fato é a que afirma que arquitetos projetam, não apenas desenharam e que o 'D' em CAD não representa Projeto; mas, sim Desenho. Acreditamos que esta linha de argumento não foca o cerne da questão. Mesmo que o acrônimo original tenha significado que os sistemas CAD foram projetados para auxiliar apenas a representação, novos programas de auxílio à projeção têm surgido e têm havido tentativas de superar as limitações de antigos programas. Entendemos que uma nova tecnologia requer freqüentemente a reformulação das antigas tarefas. Porém, parece que o conhecimento para fazer esta mudança não é tão óbvio para os usuários.

De fato, apenas nesta última década, com a melhoria da qualidade dos *plotters* e impressoras e com o desenvolvimento de interfaces mais fáceis de serem utilizadas pelo usuário, os arquitetos têm usado o computador também para elaborar os desenhos de apresentação. As técnicas de renderização e *ray tracing*, oferecendo alguma forma de iluminação, cor, materiais e textura, trouxeram o perfeccionismo das imagens foto-realistas à representação arquitetônica a um nível nunca conseguido pelo mais imaginativo desenhista da renascença.

Os computadores podem ser encontrados na maioria dos escritórios de Arquitetura sendo usados para o processamento de textos, armazenamento de dados, cálculos e ferramenta de manipulação e edição de desenhos. Mas, é raríssimo o uso do mesmo como ferramenta de concepção. Os arquitetos, em sua maioria, afirmam que necessitam trabalhar com o esboço à mão livre a fim de compreender o problema.

Um dos problemas apresentados é que o computador conta com uma estrutura interna que não reflete os modos e características usados pelos arquitetos na fase de concepção, tais quais as linhas paralelas de pensamento, a ambigüidade e a incerteza (atividades centrais do

processo projetual criativo – vide capítulos 1 e 2). Lawson e sua equipe estão desenvolvendo programas de computador capazes de entender um edifício usando vários modos em paralelo e que irá interpretar o desenho do arquiteto apropriadamente. No entanto, este trabalho ainda é bastante primitivo.

Os computadores são melhores que os humanos em algumas tarefas. Por exemplo, eles são mais rápidos e mais seguros para cálculos, também, são mais rápidos para procurar por informações. Os computadores não esquecem as coisas, como nós fazemos. Porém, estes são piores que os humanos em outras tarefas. Eles são pobres no reconhecimento, interpretação e reconciliação de requerimentos conflitantes.

Na atualidade, em um mundo faminto por tempo, em que todos reclamam sua falta, o computador foi-nos oferecido como uma grande promessa de otimização do tempo: tarefas que normalmente demandariam um tempo enorme seriam agora realizadas em segundos e outras que necessitavam de um time completo, poderiam ser desenvolvidas por uma única pessoa. Por trás desta otimização do tempo também existia um sonho utópico de que através do aumento de nossa produtividade também haveria um aumento do nosso tempo livre e conseqüentemente de nossa qualidade de vida. De fato, o que vemos é o aumento da produtividade sem o aumento correspondente do nosso tempo livre.

De acordo com HARDENNE (1994) a computação gráfica produziu novas capacidades de representação que fariam uso de algumas possibilidades oferecidas pelos tipos tradicionais de representação acrescentando novas formas operativas denominadas por ele de fases de: *'modelização, visualização e simulação'*.

As diferentes vistas, possíveis em visualização simultânea, através dos recursos de visualização dos programas CAD, modificam a percepção, por parte do arquiteto, das múltiplas variáveis envolvidas na projeção, estabelecendo uma interação mais abrangente com o problema/proposta projetual. Estes recursos, juntamente com os recursos de manipulação, possibilitam estudos mais detalhados e aprofundados de soluções formais, especialmente quando o programa permite a atualização sincronizada das modificações em todas as instâncias do modelo.

O *software* CAD permite a construção de modelos elaborados com cores, texturas e materiais que simulam a realidade. As animações gráficas e *walk-throughs* (passeios virtuais pelo objeto), que tem por base o modelo tridimensional, constituem um modo novo de representação e um instrumento projetual bastante importante para auxílio e ampliação da percepção.

Sendo a projeção arquitetônica um processo dialógico (vide item 3.8.1), onde o arquiteto estabelece uma conversação reflexiva com as representações gráficas de sua proposta de solução, as diferentes visualizações desta proposta, bem como o poder de manipulação de diversos aspectos da mesma, interferem profundamente na dialogia arquitetônica. Isto ocorre, pois, o pensamento visual (vide item 3.2) e o pensamento gráfico (vide item 3.6) são expressões do processo dialógico mediado pelos instrumentos e técnicas de representação.

O modelo tridimensional e os recursos de visualização, manipulação e simulação viabilizam um processo projetual cuja dinâmica salienta o caráter cíclico conferido ao processo por Asimow. Também, a dimensão urbana passa a fazer parte do processo de trabalho de um modo mais efetivo. O computador possibilita o desenvolvimento do projeto diretamente sobre uma imagem do sítio digitalizado, contando com mais uma alternativa de reflexão: a visualização constante e detalhada do território.

Outro ponto importante a ser ressaltado é a influência que o *software* exerce sobre quem o utiliza. Pois, cada *software* é desenvolvido por uma equipe, que estabelece rotinas que lhes parecem mais adequadas à realização do trabalho. O *software* não só altera e favorece alguns raciocínios como também apresenta uma maneira nova de trabalhar que acaba, de um modo ou de outro, superpondo-se ao processo de trabalho de cada arquiteto. O constante risco do arquiteto é o de deixar-se influenciar demais pela rotina do *software*, estabelecendo com ele uma parceria na própria autoria do trabalho. Na verdade, qualquer instrumento mediador, informatizado ou não, não resolve ou define uma boa Arquitetura; mas, pode claramente influenciar.

O professor PINTO (1999) realizou uma série de entrevistas com arquitetos em São Paulo. As modificações, geradas pelo uso das ferramentas CAD, mais citadas por seus entrevistados, foram: aumento da precisão; agilização e fluidez do processo de trabalho; a falta do conhecimento da escala do desenho na tela; a simplificação dos croquis a lápis; o desenho tradicional ainda é imprescindível como matriz geradora de todo o processo; o desenvolvimento final do projeto dá-se no computador; a grande utilidade das bibliotecas e blocos; o encaminhamento para algumas soluções devido à utilização de um determinado *software*; maior possibilidade de o profissional trabalhar sozinho; facilidade na troca de informações; a figura do desenhista foi substituída pelo ‘cadista’; sofisticação na apresentação dos projetos; visualização do conjunto prejudicada pelo tamanho do monitor; facilidade de cópia e edição.

CAMPION (1968) identificou quatro papéis para o computador na Arquitetura: (1) biblioteca (armazenando grande quantidade de informações); (2) desenhista; (3) calculadora e

simulador e (4) analista. LAWSON (1997a), em publicação mais recente, dividiu o uso de computadores na prática da Arquitetura em quatro categorias: (1) organização e administração: isto inclui a administração geral e programação do trabalho bem como a coordenação global e controle do processo projetual e construtivo. Pode envolver o uso de *e-mail*, diários, *timesheets*, processadores de texto e assim por diante; (2) processamento de informações: abrange a coleta de dados, pesquisa e reprodução; análise de exigências e formulação de sumário. Informações relacionadas a trabalhos específicos podem ser armazenadas em arquivos de computador. O processo de desenho é racionalizado pelo uso de bibliotecas pré-definidas de elementos construtivos. O projeto concluído pode ser utilizado para produzir uma relação de materiais e também uma planilha de custos; (3) análise de soluções: podem ser executados cálculos complexos em um curto espaço de tempo, permitindo a avaliação e possível mudança de várias propriedades do edifício. Também podem conferir a conformidade de um projeto com os regulamentos pertinentes. Em programas de análise de soluções, o projetista introduz o projeto já definido e o computador gera uma avaliação do projeto em um assunto desejado (por exemplo: distribuição da iluminação); (4) geração de soluções: alguns programas foram criados para gerar o *design* de uma edificação; porém, eles não são muito usados na prática. Mais comumente, são usados os sistemas especialistas (*expert systems*) que incorporam conhecimento sobre um assunto específico a fim de solucionar problemas em uma determinada área (uma espécie de consultor). Os sistemas especialistas podem ser combinados com os sistemas CAD (*Computer Aided Design*) para analisar um projeto concluído e reconhecer falhas.

Foi LAWSON também que, em alguns de seus artigos (2004, 2002, 1998), abordou o computador na projeção segundo diferentes papéis: o de oráculo, o de desenhista, o de modelador, o de avaliador e o de agente. No entanto, ele afirma que nenhum desses papéis foi ainda satisfatoriamente realizado em relação ao potencial que o computador parece oferecer. Nos itens abaixo, tomaremos emprestada essa classificação para abordarmos os diferentes papéis do computador na Arquitetura.

Os computadores são agora lugar comum como ferramentas de desenho e processamento de textos e algumas vezes, também são usados para a visualização. Ocasionalmente, sistemas especialistas são consultados sobre problemas isolados e existem poderosas versões de ferramentas avaliativas desenvolvidas para simular aspectos do desempenho de um edifício tal qual o consumo de energia, o comportamento acústico de ondas sonoras e a simulação visual do movimento do ar usando programas de *Computational Fluid Dynamics* (Dinâmica Fluida Computacional) que são áreas para a experimentação e a avaliação de projeto. Todos esses aplicativos sugerem um significativo potencial de benefícios

e a possibilidade de que poderemos saber muito mais precisamente quão satisfatório um edifício será muito antes de ser construído.

3.11.1. O Computador como Oráculo (Projetista)

As primeiras tentativas sérias de projeto arquitetônico auxiliado por computador colocaram o computador em um papel mais ambicioso do que o que nós contemplamos hoje. WHITEHEAD e ELDARS (1964) escreveram um programa para projetar *layouts* de edifícios de um só pavimento através da otimização dos padrões de circulação. Bem como, AUGER (1972) criou um programa para projetar *layouts* de casas que maximizava a luz solar, as vistas e a privacidade. Estes programas propuseram projetos com o ser humano relegado ao papel de auxiliar para solucionar, organizar e racionalizar depois que o computador houvesse proposto as idéias principais. Nestes casos, o computador era visto como ‘Oráculo’ ou fonte de sabedoria, fazendo o papel do próprio projetista.

O principal problema destes *softwares* não é quão bem estes desempenham seus trabalhos; mas, que estes trabalhos são tão limitados que não são úteis na prática. Foi concebida uma série de programas cada um otimizando edifícios segundo critérios individuais tais quais o consumo de energia, circulação, custo da construção, iluminação e assim por diante. Estes programas nunca puderam se comunicar de modo útil já que eles não apresentam nenhum modo racional de fazer o intercâmbio entre essas variáveis. Um conjunto de programas não é de grande ajuda a um arquiteto quando a tarefa de reconciliar seus resultados não é menos desafiadora do que a tarefa projetual original e não há nenhuma evidência de que o resultado destes programas produza, de modo global, um projeto melhor.

3.11.2. O Computador como Desenhista

Um estudo do uso real e dos papéis dos desenhos no processo projetual revelou que as versões de computador são rígidas, inflexíveis e falta expressão, apresentando um impacto limitado na projeção. Exceções notáveis a esta visão incluem os nomes de alguns arquitetos famosos que têm recentemente construído edificações que teriam sido impossíveis ou altamente complexas de serem construídas sem computadores. Talvez o mais comentado entre estes seja Frank Gehry e seu trabalho exemplificado pelo museu em Bilbao (vide capítulo 1, item 1.5.2). Muitos dos recentes edifícios de Norman Foster também envolvem Geometrias que teriam sido quase impossíveis de serem solucionadas sem o auxílio de computadores. Assim, estamos vendo uma geração de edifícios muito caros e de alto desempenho que

dependem de computadores para resolver sua Geometria, por exemplo, a nova ópera em Cingapura de Michael Wilford (vide figuras 3.10 e 3.11).

Figura 3.10 - Ópera em Cingapura, projeto de Michael Wilford, visão externa

Fonte: <http://www.apxlds2004.org.sg/esplanade/history.html>

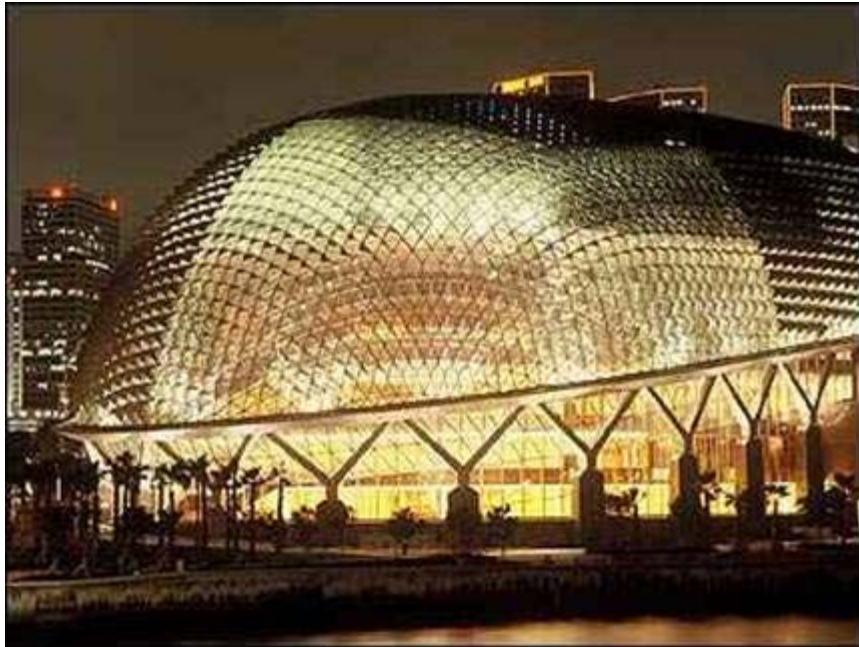


Figura 3.11 - Ópera em Cingapura, projeto de Michael Wilford, visão interna

Fonte: <http://sgezine.com.sg/living/1002esplanade.html>



Se o *software* de computador for realmente bem projetado, se for realmente projeto auxiliado pelo computador, então não será necessário ser altamente qualificado em sua

utilização. O fato é que alguns *softwares* são tão complexos de serem usados que os que os operam correm o risco de ficarem separados dos que de fato projetam. Este é o papel do computador como ‘Desenhista’. No entanto, é bastante evidente que o computador é um desenhista mais rápido, mais confiável, potencialmente mais consistente e mais adaptável que o ser humano. Isto é especialmente verdadeiro quando os desenhos têm que ser repetidos ou modificados ou uma combinação dos dois. Tais eventos são tão comuns no projeto de edifícios que o desenho auxiliado pelo computador parece ter chegado para ficar para a geração e a apresentação de desenhos.

Um sistema de desenho auxiliado por computador oferece ao arquiteto a possibilidade de compor, editar, transformar e combinar elementos gráficos de modos quase impossíveis no processo manual tradicional. Essas capacidades revelaram-se bastante libertadoras, oferecendo a possibilidade de um processo simultaneamente mais relaxado e mais rápido.

A repetição encontrada nos desenhos da fase de produção sugere que o computador pode economizar tempo e aumentar a compatibilidade. Um sistema de desenho auxiliado por computador bem organizado, nas mãos de um operador habilidoso, se comparado com o sistema manual, muito provavelmente, economiza tempo e aumenta a qualidade das representações.

No entanto, estudos têm também mostrado que de todos os problemas que ocorrem durante o desenvolvimento de um projeto de uma edificação que resultam em atraso ou custo adicional ou ambos, uma das causas mais significantes é a inconsistência entre os desenhos. As ferramentas de desenho auxiliadas por computador têm mostrado-se neutras em relação a este problema já que estas não tornaram as coisas piores e nem melhores. Também, o computador como desenhista quase não teve qualquer impacto positivo na concepção do projeto (LAWSON, 2002). Isto, então, não é projeto auxiliado pelo computador; mas, projeto conferido pelo computador ou projeto visualizado pelo computador.

Se realmente queremos desenvolver projeto auxiliado pelo computador primeiramente temos que compreender os processos humanos de projetar e os métodos de representação mental que estamos tentando apoiar. Hoje sabemos mais sobre esses processos que antes e ainda assim este conhecimento ainda não influenciou os sistemas CAD significativamente. O modelo implicitamente por trás de muitos *softwares* é aquele para o qual o projeto é um processo de resolução de problemas manejado pelo conhecimento processual. Porém, este modelo tem mostrado-se muito pobre, já que o processo projetual humano é mais o da prática reflexiva que depende do conhecimento episódico. SCHÖN (1995) tem, conhecidamente, descrito o processo projetual como ‘*uma conversação com o desenho*’. Simplesmente

fazemos algumas marcas em um papel e estas nos respondem sobre possibilidades e problemas. Estudando o processo projetual humano atualmente usado podemos perceber que várias de suas características são problemáticas para o estado da arte do CAD na Arquitetura.

3.11.3. O Computador como Ferramenta de Modelagem

A teoria, neste caso, afirma que o conflito entre os desenhos seria eliminado já que todos seriam gerados automaticamente a partir de um mesmo modelo tridimensional. Infelizmente, este objetivo está longe de ser atingido de modo direto. Tomemos, por exemplo, uma planta baixa. Na essência, esta constitui-se de um corte horizontal do edifício. Pode-se pensar que o computador poderia, portanto, ser capaz de gerá-la facilmente a partir de um modelo tridimensional. Mas, as coisas não acontecem deste modo.

Primeiramente, estes cortes são gerados no computador como se fizessem parte de um único pavimento; mas, edifícios muitas vezes apresentam mezaninos ou diferenças de nível. Em segundo lugar, existem convenções complexas sobre o que realmente deve ser mostrado e como deve ser mostrado. As janelas, normalmente, são representadas cortadas pelo plano de seção; no entanto, janelas muito altas são representadas tracejadas. Na planta baixa, as portas são sempre representadas abertas e com o giro de abertura indicado. No entanto, estas mesmas portas são representadas fechadas em cortes e fachadas. Estas e muitas outras convenções são bem compreendidas pelas pessoas acostumadas a lidar com desenhos arquitetônicos; mas, elas são extremamente difíceis de serem descritas sem ambigüidade no computador. Infelizmente, até agora, ainda não se provou ser possível produzir uma lista compreensível e concordante dos elementos de um edifício necessários para se construir um sistema de computador que lide com essas convenções.

3.11.4. O Computador como Ferramenta de Avaliação

A construção de um modelo tridimensional inteligente e confiável de uma edificação a partir do qual desenhos são gerados automaticamente e que alimentam uma variedade de rotinas avaliativas permanece como um desejo a ser alcançado. Existe uma série de problemas críticos ainda não resolvidos satisfatoriamente.

Imaginemos, por exemplo, que após projetar uma janela, um arquiteto tente usar uma série de programas distintos, cada um para fazer uma avaliação diferente: um para calcular a iluminação, outro para a penetração do sol, outro para a perda de calor, outro para a ventilação, outro para a satisfação dos códigos e regulamentos e ainda outro para a

visualização da edificação. Isso mais parece um procedimento de malabarismo. Não é surpreendente que os arquitetos reportem que não fazem um uso significativo de tais ferramentas.

3.11.5. O Computador como Agente

Um computador útil deveria sugerir cursos de ação prováveis que levassem a remediar as deficiências de um projeto. Apenas muito recentemente surgiram as técnicas de computador e a compreensão do modo como o edifício trabalha capazes de gerar um *software* assim. Algumas pesquisas (FRAZER, 1995) têm sugerido que o computador pode vir a trabalhar de modo ativo envolvido no processo de desenvolvimento da forma e aparência de um edifício.

3.11.6. Considerações Finais

Estas transformações na representação arquitetônica, geradas pelo computador, refletem-se também nos componentes materiais e intelectuais do espaço de trabalho do arquiteto. Sobre os materiais, passamos a lidar com uma tela, reduzindo o cone visual e sem referência de escala. O teclado, o *mouse* e os outros periféricos, materializam uma nova atividade gestual, agora separada da visão. Também, a habilidade com a utilização do *mouse* é completamente diferente da habilidade de uso do lápis (aprofundaremos estas questões no capítulo 6). Mesmo os instrumentos similares ao lápis, ainda não se mostram adequados à substituição do mesmo.

Porém, são nas ferramentas intelectuais onde se observam as transformações mais significativas. Estas ferramentas intelectuais são utilizadas no momento da concepção, onde a interação entre o pensamento e o desenho permite que se elaborem intelectualmente as imagens operativas do projeto. A transformação gerada pela computação gráfica não só vem fazendo com que o arquiteto reavalie a função cognitiva do desenho (mediador entre idéia e objeto) como também repense a sucessão de atividades durante o processo projetual (HARDENNE, 1994).

Alguns arquitetos, com o advento da computação gráfica vêm tentando explorar os limites de um sistema de representação, afastando a representação da construção e transformando-a em pura representação. Estes também buscam a representação ‘perfeita’, quando o objeto representado coincide com o modelo. No entanto, COUTINHO (1977) afirma que se o ato de representar tende à perfeição, na verdade, tende ao seu fim. Este

processo pode ser chamado de '*tendência suicida*' de toda a representação: quanto mais perfeita ela é, mais perto está de sua morte.

A realidade virtual pode ser vista como uma conseqüente superação do paradigma perspectico e sua idéia implícita da distância entre o observador e a cena, visto que a realidade virtual implica na inclusão do sujeito na cena. No entanto, o modo como os sistemas de realidade virtual têm sido projetados, parece ter apenas estendido ou re-arranjado os limites entre a cena e a realidade representada. Estes meio-ambientes virtuais, onde as pessoas podem ser imersas em outro mundo, ainda são, na verdade, mundos pré-definidos criados por projetistas que apresentam as próprias limitações dos mesmos de modo velado. Em um meio-ambiente virtual, todas as interações possíveis são ditadas pelo projetista. Conseqüentemente, está muito longe de ser uma reprodução do mundo real. Este é, claramente, um meio-ambiente complexo, ideológico e político.

O grande desafio não está em imitar, simular e manipular o mundo. Não é um desafio porque nós já sabemos a resposta, o mundo já nos foi dado. O grande desafio é re-inventar o mundo, como a Arte e a Arquitetura sempre fazem. Acreditamos que a relação íntima que existe entre Arquitetura e representação gráfica continuará a influenciar a prática arquitetônica. Porém, com novas possibilidades geradas por estes '*novos ambientes cognitivos e comunicativos*' presentes na utilização da ferramenta computacional (CAMARGO, 1995).

É assim que LAWSON (2004) vislumbra o futuro do computador na Arquitetura. Sentaremos em frente ao computador, desenhando idéias diretamente nele. Então, o intérprete de esboço determinará o sentido gráfico das representações que fazemos. O intérprete multi-modal tenta entender o que isto significa em termos de Arquitetura. Isto permite, por exemplo, fazer mudanças, movendo componentes ou espaços. E, à medida que fazemos modificações, o modelo multi-modal vai sendo atualizado. O sistema capturador do raciocínio de projeto registrará o raciocínio do arquiteto ao fazer as mudanças e o relacionará ao estado do modelo na ocasião. O *software* analisa tudo e procura por padrões. Na realidade, este compara o projeto que está sendo desenvolvido no momento a enormes bancos de dados de outros projetos, alguns projetos feitos pelo próprio arquiteto, alguns realizados por outros e muitos dos quais o arquiteto nem tomou conhecimento. O *software* 'peneira' estas informações e sugere algumas que o arquiteto possa achar interessante. É claro que este *software* tem trabalhado com o mesmo arquiteto há algum tempo e agora possui conhecimento dos tipos de idéias que ele considera útil e os tipos que não são assim consideradas. Também, aprendeu a saber quando, durante o processo, o arquiteto está aberto a intervenções e sugestões e quando não está. Sabe que modos de conversação usar e quando. Na verdade, comporta-se como um

colega muito especial, que não apenas compartilha e compreende idéias que podemos nomear e descrever sobre Arquitetura; mas, que possui toda a WEB para procurar por inspiração.

Deste modo, teríamos realmente o projeto arquitetônico auxiliado pelo computador. O computador como ‘Agente’, parte Oráculo e parte Desenhista, mas realmente ajudando à projeção criativa, lidando assim, com a verdadeira essência do projeto criativo que são as idéias e significados que residem por trás das imagens. Eventualmente, este computador pode, ao rastrear a Internet, encontrar-se com outros computadores que também estão cuidando dos interesses de seus mestres. Eles podem trocar informação e apresentar seus mestres uns aos outros. Eles também podem ajudar clientes ou empreendedores a encontrar arquitetos ou ajudar arquitetos a encontrar novos parceiros de trabalho.

Claro que isto agora é fantástico; mas, este sistema vem sendo construído parte por parte. Até agora já foram desenvolvidos os demonstradores prototípicos do intérprete multimodal, o sistema capturador de raciocínio de projeto e o sistema de conversação com o usuário. Muito do que precisamos está sendo desenvolvido muito mais genericamente em termos de agentes de Internet e sistemas de linguagem natural. Ainda assim, esta é uma pesquisa ambiciosa.

Ainda nos encontramos bastante restringidos tanto por nossa imaginação quanto por limitações da tecnologia corrente; mas a História tem nos ensinado que estes obstáculos, muito provavelmente, serão removidos em um futuro próximo.

3.12. Implicações da Computação Gráfica na Concepção Arquitetônica

Neste item, embasados em conteúdos abordados anteriormente, procuraremos nos aprofundar e discutir alguns pontos que consideramos fundamentais na compreensão das mudanças no processo de concepção que estamos vivendo com a adoção das ferramentas computacionais.

Após uma revisão de literatura pudemos observar que muitas pesquisas vêm sendo realizadas analisando a influência da computação gráfica, sob vários aspectos: nas mudanças da oficina de trabalho do arquiteto, nas interações entre os membros de uma equipe projetual e na apresentação e representação final de um projeto, enfocando as qualidades da representação gráfica, no computador, ligadas à precisão, facilidade de edição, visualização e manipulação etc. (vide item 3.11).

Também pudemos observar que a utilização do computador na fase de concepção da idéia é muito pequena. Este aparece no escritório de Arquitetura mais como uma prancheta eletrônica. Talvez pelo fato dos arquitetos procurarem transcrever os processos cognitivos

aprendidos através dos instrumentos tradicionais de desenho para o computador gerando assim, uma subutilização do mesmo. Somado a isso, o *software* CAD (mesmo os dedicados) também impõe uma rigidez na fase inicial de projeção, pois este ainda não dispõe de recursos mais interativos e flexíveis que correspondam à rapidez do ciclo representação mental – habilidade manual – representação gráfica que caracteriza o início da projeção.

3.12.1. Características e Qualidades dos Sistemas CAD que dão Suporte à Projeção Arquitetônica

O processo projetual arquitetônico (discutido no capítulo 1) é um processo altamente complexo. A codificação do pensamento projetual por meio dos instrumentos gráficos tradicionais (prancheta, régua, compasso, entre outros) resulta em uma série de desenhos, seguindo uma sequência de construções geométricas, padronizados e acompanhados de convenções (normas técnicas). Os resultados deste trabalho são imagens estáticas: vistas, cortes, detalhes e perspectivas para representar um único objeto. Este processo, caracteristicamente, busca uma linearidade, apresentando como principal dificuldade a compreensão do conjunto da obra a ser construída. TSCHUMI (1994) evidencia a incapacidade inerente às plantas, cortes, fachadas e perspectivas de trazerem ao projeto noções como barulho, luz ou outros acontecimentos espaciais. Para esse autor, esta forma de representação exclui a idéia de tempo do projeto.

Existe hoje uma tentativa de se assemelhar o processo de projeção na mídia digital ao processo de projeção na mídia tradicional. Acreditamos que em um primeiro momento, seja natural a tentativa de utilização do computador através de procedimentos já conhecidos. É o famoso uso da metáfora em relação ao já conhecido a fim de se compreender o novo. Porém, o uso desta metáfora sem questionamentos pode trazer prejuízos à projeção. Como afirmou certa vez o professor CABRAL FILHO (1993 b, p.6), *“se fosse dado um lápis ao escriba que talhava a pedra com um cinzel e um pequeno martelo, ele provavelmente bateria o martelo sobre uma das extremidades do lápis”*. A este, antes de darmos um lápis, precisaríamos fazê-lo aprender a maneira mais adequada de usá-lo. Mas, acreditamos que, com o passar do tempo, novos modos de interação mais adequados irão, naturalmente, surgir. Já que os sistemas CAD têm, na realidade, qualidades diferentes das encontradas nos processos tradicionais, eles não potencializam um processo já existente e, sim, introduzem uma nova sistemática de trabalho com características e dinâmicas particulares.

Além disso, as limitações, inicialmente apresentadas pelos programas CAD, começam a diminuir através do uso de ferramentas que permitem a transformação de entidades geométricas em objetos arquitetônicos bem como pelo uso de programas modeladores que

permitem estudos de composição volumétrica, de zoneamento e funcionamento que podem ser aproveitados nas fases seguintes da projeção. Também, programas vêm sendo desenvolvidos com uma preocupação de incorporar dados relativos ao programa de necessidades e legislação.

Já que as ferramentas CAD (*computer aided design*) foram criadas como instrumentos funcionais de projeto, a facilidade de uso é um dos critérios fundamentais para o seu sucesso. Segundo AKIN (1993), este sucesso é uma função tanto da boa capacidade de interface homem-máquina quanto dos modos pelos quais as práticas projetuais são suportadas pelos paradigmas da computação. Embora esta afirmação possa parecer óbvia, este autor faz uma crítica aos programadores de *software* afirmando que estes não apresentam muita urgência ou preocupação em casar a prática com o paradigma. Para ele, pouco esforço tem sido feito no sentido de compreender e modelar estas práticas projetuais a fim de apresentar melhores oportunidades para o uso da assistência computacional. Um objetivo seria o de utilizar-se dos pontos fortes da tecnologia computacional a fim de superar as fraquezas da prática manual.

AKIN (1993) cita como exemplo deste tipo de preocupação um sistema chamado SEED (*Software Environment to Support Early Phases in Building Design*: Programa Ambiente de Apoio às Fases Iniciais de Projetos de Edifícios) em desenvolvimento na Carnegie Mellon University. O SEED consiste de vários módulos que dão suporte ao projetista durante as fases iniciais de projeto: programação arquitetônica, geração de *layout*, projeto da configuração tridimensional e checagem de padrões (FLEMMING e WOODBURY, 1995). Embora o SEED possa ser citado como um dos programas que estão buscando por um caminho mais interessante nesta relação arquiteto – computador, poderíamos citar como crítica o alto nível de complexidade de informações que é exigido ao projetista já na fase inicial de concepção.

O computador vem gradativamente modificando a forma de se pensar o espaço. Utilizando programas de computação gráfica, por meio de comandos simples, podemos ter infinitas vistas de um objeto com os mais variados planos de projeção e dos mais variados pontos de observação. Por tratar-se de um procedimento caracteristicamente não-linear, sua expressão gráfica apresenta um controle e uma percepção global do projeto mais avançada do que as geradas pelos procedimentos gráficos tradicionais. A representação gráfica através do computador só veio otimizar a abordagem racional do visível instaurada pelo ‘*paradigma perspectico*’, aumentando o distanciamento entre o sujeito e o objeto bem como conduzindo a representação gráfica a seus limites através de uma excessiva preocupação com a retratação do real.

O computador conseguiu separar três elementos que sempre estiveram reunidos na representação arquitetônica (tanto nos desenhos como nas maquetes): o olho, a mão e a base material da representação. No desenho a lápis existe uma conexão entre os olhos e as mãos. Estes trabalham juntos, mantendo uma estreita relação com o desenho; ambos dividem o mesmo mundo físico. Neste processo, a visão é capaz de testemunhar a mão no instante da criação. Portanto, os olhos, a mão e a representação formam um todo. Na representação através do computador ocorre uma separação destes três elementos: as mãos passam a trabalhar sobre um *mouse*, uma caneta ótica, um teclado ou outro equipamento enquanto que a representação em si acontece na tela; os olhos não podem mais testemunhar ambos ao mesmo tempo. A cumplicidade dos três elementos acaba e a representação também não se encontra mais no mundo físico e sim no virtual. Este distanciamento gerado pelo computador, transforma a representação em uma espécie de eco do ato de representar, já que o gestual é registrado em um mundo virtual, distante física e conceitualmente das mãos.

Esta é uma das razões do desconforto experimentado na mudança do lápis para o mouse (ou equipamentos semelhantes). Mesmo com uma tela sensível ou com o uso do *sketchpad* a sensação de descorporificação é mantida, na medida em que a representação mantém-se inacessível aos nossos sentidos. A imagem produzida no computador não possui mais materialidade. Surge através de um somatório de '*pixels*' agrupados na tela. A representação através do computador tornou-se mais um eco do gesto, mantida inatingível do outro lado da tela de vidro. A materialidade da representação gráfica, à qual estamos habituados (pranchas desenhadas) só é possível após a impressão do trabalho.

A perspectiva resolvia a questão da visualidade pela metáfora da janela, o '*ver através de*' e apesar da interação entre sujeito e objeto representado ser passiva, estes desfrutavam do mesmo ambiente físico. Com o computador, a metáfora da janela é mantida; mas, sujeito e objeto representado estão em mundos diferentes: físico (o sujeito) e virtual (o objeto representado).

A computação gráfica foi ainda mais além com a possibilidade da animação gráfica, que permite ao observador circular por ruas e edificações ou mesmo penetrar em seu espaço interior, introduzindo no projeto outro importante elemento: o tempo (através de sua representação). Assim, a computação gráfica aplicada à Arquitetura e Urbanismo pode propiciar não só a percepção dos espaços projetados como a integração entre eles. A animação de modelos arquitetônicos apresenta a possibilidade da simulação do espaço real, permitindo um passeio através do edifício proposto.

A relação entre tempo e espaço nas comunicações humanas ampliou-se gradativamente à medida que novas tecnologias foram sendo descobertas. Nas civilizações

orais onde a palavra falada era dominante, as relações face a face eram vitais para a transmissão e perpetuação do conhecimento. Com a escrita, foi possível a inserção do tempo na comunicação, através da existência de um intervalo entre emissão e recepção da mensagem, criando a possibilidade da interpretação de textos. Com a imprensa, deu-se mais fortemente a inserção do espaço no processo comunicativo e o telégrafo e o telefone aceleraram este processo. Assim, desde a discussão verbal característica da Idade Média até as mais diversas formas de representações visuais, vem instaurando-se em nossa sociedade novos estilos cognitivos, agora potencializados pelos computadores (LÉVY, 1993). Segundo ROCHA (1988, p.23): *“O tempo linear é uma invenção do ocidente, o tempo não é linear, é um maravilhoso emaranhado onde podem ser escolhidos pontos ou inventadas soluções, sem começo nem fim.”*

A partir da análise da metáfora da perspectiva e da verificação do aumento da utilização da animação gráfica, surgem algumas questões: o que muda no paradigma quando a perspectiva é animada? Quais os significados da adição de uma ou mais dimensões à representação tridimensional? Certamente a animação vai além da simples multiplicação de perspectivas estáticas, trazendo questões tais como a velocidade e a aceleração, ou seja, a possibilidade de representação e manipulação do tempo. A teoria da Gestalt já afirmava existir mais informação e significado na totalidade do que na simples adição das partes.

Se a perspectiva permitiu o surgimento de um *design* moderno na medida em que permitia uma pré-visualização do edifício proposto, nós poderíamos perguntar-nos: quais são as implicações da mudança dos efeitos ilusionistas das perspectivas para a virtualidade global dos computadores? De fato, a animação é o primeiro passo para conceitos como ciberespaço e realidade virtual. A possibilidade de ambientes virtuais, ainda que como uma pobre representação da realidade, atinge a imaginação dos arquitetos e traz de volta o apelo por uma Arquitetura utópica e visionária.

A possibilidade de navegar através do espaço representado, na tela do computador, já representa uma mudança de nível se comparada às renderizações realistas dos desenhistas manuais. Hoje em dia somos capazes de obter vistas espetaculares voando sobre o modelo virtual do edifício. Mas, o olhar navegador (*navigator's eye*) que flutua sobre um modelo é sempre muito lento ou muito rápido; é um olhar irreal obtendo uma visão irreal. Em modelos físicos, havia as características dos materiais; nos modelos gerados no computador, ainda que renderizados com texturas e sombras, nós sempre temos a impressão de coisas irreais (CABRAL FILHO, 1993 b).

CABRAL FILHO (1993 b, p.3) referindo-se a esse olhar navegador gerado pela animação gráfica lembra que: *“se os mestres da perspectiva na renascença diziam que a*

perspectiva os permitia colocar cada objeto no seu exato lugar”, os computadores trazem um diferente epíteto: *“qualquer objeto em qualquer lugar a qualquer tempo”*.

A animação gráfica é apenas um dos primeiros resultados de um modo incipiente de representação. Certamente, a velocidade já é uma realização das perspectivas animadas e expôs irremediavelmente a questão do tempo. E nós começamos a usar expressões tais como ‘tempo real’, como se pudesse haver outro tipo de tempo em nossa vida cotidiana. O significado contido nesta expressão, mesmo que despercebido, é uma evidência clara de uma reviravolta na história da representação. A manipulação do tempo é equivalente à manipulação do espaço que surgiu no passado com a perspectiva.

Além da adição de mais uma dimensão, a computação gráfica traz com ela, disfarçada por sua objetividade extrema, a idéia da incerteza. As possibilidades ilimitadas de mudanças e substituições parecem ser as novidades mais significantes apresentadas pelo computador. Os desenhistas manuais que utilizavam a perspectiva podiam prever um espaço imaginário e podiam, com dificuldade, manipulá-lo. Com os recursos computacionais, esta manipulação do espaço alcançou possibilidades ilimitadas. Além do mais, com a animação gráfica, nós somos capazes de manipular o tempo. Então, teoricamente, nós podemos manipular a realidade inteira ou pelo menos sua representação.

Como pode ser aprendido através da história, um novo meio de expressão supostamente gera um novo sistema de representação tendendo a formar uma nova disciplina e não apenas funcionando como um mero substituto da técnica anterior. Esta afirmação é verdadeira em relação à pintura renascentista, quando esta viu-se diante do surgimento da racionalidade através da técnica perspectiva. Mas, a arte da pintura sobreviveu. De modo semelhante, com a invenção da fotografia, o que aconteceu com a pintura foi uma diminuição das funções superficiais como os retratos e uma conseqüente aceitação de possibilidades mais sutis e profundas em relação à expressividade. Por sua vez, a fotografia enfrentou o mesmo problema com o surgimento do cinema. Porém, uma vez mais, a nova disciplina não substituiu a antiga. Ao invés disso, o domínio particular de cada uma foi redefinido de modo mais preciso. Os fotógrafos, então, descobriram o que o cinema não podia fazer e o que era mais bem expresso pela imagem cristalizada da foto. Do mesmo modo, a sedução das fotos e filmes coloridos não substituiu o preto e branco; pelo contrário, as representações em preto e branco adquiriram um charme e uma expressividade únicos.

Mesmo no campo das disciplinas científicas, com o advento de uma nova, devido a razões tecnológicas ou sociais, acontece sempre uma redefinição de domínios e não uma sobreposição ou extinção da disciplina anterior. Visto que a computação gráfica constitui-se em uma nova disciplina e em uma nova técnica de representação, nós podemos conceber o

mesmo tipo de transformação. Ao invés da extinção e substituição das ferramentas tradicionais, nós podemos esperar uma reorganização e uma redefinição de suas funções.

Se a possibilidade de um olhar de relance, permitido através das técnicas de perspectiva desempenhou um papel fundamental na mudança de paradigma do Renascimento, como nós vimos em itens prévios, nós podemos esperar uma revolução impressionante provocada pela computação gráfica. Talvez, este processo leve mais de uma geração para ser levado a cabo, como a perspectiva que também teve que esperar por mais de um século para ser completamente aceita. Além disso, se as implicações da computação gráfica na Arquitetura provar ser uma repetição acelerada das implicações das técnicas da perspectiva na Arquitetura acrescida da possibilidade de manipulação do tempo, que significa um passo à frente no paradigma perspectivo, esta enorme possibilidade de manipulação da representação do mundo visível irá transbordar o domínio do computador, modificando o modo como nós agimos e reagimos diante do mundo.

Esta incerteza do mundo representada em um computador tem duas faces. De um lado, há o perigo do niilismo devido à perda de referências que já caracterizam nossa idade contemporânea. Como expresso na filosofia oriental, *“quando tudo é tornado possível, de fato nada é possível”*. Estes mundos virtuais, passíveis de uma manipulação absoluta, perderiam as propriedades referenciais dadas pela constância e permanência do mundo físico. Mas, por outro lado, evitando o perigo do niilismo e do tédio, nós podemos defrontar-nos com uma maneira verdadeiramente democrática de representação que implicará em uma relação mais honrada e igual entre os seres humanos e os objetos; em outras palavras, uma Arquitetura mais democrática.

Falando em Arquitetura democrática, não podemos deixar de frisar o modo como definimos Arquitetura no final do item 1.6: como o conjunto de relações entre o ser e o lugar. Pois, isso nos fez situar o trabalho dos arquitetos em um tipo de espaço relacional onde o que eles têm que projetar é a interação entre as pessoas e a edificação. Para tanto, têm que agir sobre o edifício e sobre o usuário ao mesmo tempo. Por outro lado, o usuário tem que comprometer-se em um papel ativo no processo de modo a tornar isto possível. Os computadores, também, terão que ser mais eficazes em lidar com os aspectos não falados presentes na relação entre os usuários e o lugar construído.

No entanto, os sistemas CAD ortodoxos são projetados com o objetivo principal de representar as características físico/ geométricas dos edifícios. Estes são incapazes de executar uma representação mais abrangente da Arquitetura que incluiria aspectos mais sutis, essenciais para o processo da criação arquitetônica. A visualização do objeto representa uma parte importante no processo projetual; mas, de forma alguma esta é suficiente em si mesma.

Os aspectos não-físicos e as questões subjetivas são essenciais na configuração da Arquitetura e dificilmente podem ser representados pelos sistemas CAD ortodoxos baseados como eles estão no paradigma perspectico. Todavia, o desenvolvimento de computadores com capacidades de multimídia conjuntamente com a disseminação das redes de computadores abrem novas possibilidades no campo de projeto auxiliado por computador. Transformado em um lugar para que as pessoas possam interagir com o suporte de sons, imagens e animações, o computador transformou-se na ferramenta mais viável para que os arquitetos possam enfrentar os aspectos intangíveis e não falados de um projeto. A sutileza e a complexidade dos assuntos psicológicos e sociais, que sempre surgem no processo de criação da Arquitetura, podem ser mais bem analisados dentro da multiplicidade de meios não-lineares presentes nos computadores. Sendo assim, os computadores deveriam ser usados como instrumentos para alcançar resultados informais através de estratégias formais.

3.12.2. Limitações dos Sistemas CAD Atuais que dão Suporte à Projetação Arquitetônica

A indústria que produz ferramentas CAD gerou uma explosão de características nos sistemas que resultam em sistemas CAD com até 2000 comandos e um aumento correspondente de material de instrução. Os manuais dos *softwares* líderes de mercado (AutoCAD, VectorWorks e Microstation) bem como os livros disponíveis, fornecem aos usuários informações sobre as características disponíveis no *software*, limitadas à localização dos comandos e aos passos para usá-los, sem apresentar qualquer estratégia de nível mais elevado.

Encontramos apenas dois livros que ensinam a utilização de um *software* CAD para arquitetos e que vão além da descrição dos comandos. Um deles afirma, "*pode ser necessário descartar alguns conceitos do traçado tradicional na medida em que você aprende a sofisticação do AutoCAD*" (OBERMEYER, 1987, p. v). Outro escrito por CROSLEY (1988), descreve a importância de '*pensar CAD*'. Ele declara, "*é possível usar o projeto auxiliado por computador sem realmente tirar proveito de suas capacidades. Até mesmo alguns usuários de sistemas CAD experientes apenas transferiram todos os seus hábitos do desenho manual para o computador*" (p. 6). Depois, ele acrescenta "*assim, as vantagens dos sistemas CAD não são livres, elas vêm às custas de ter que, de fato, projetar o desenho*" (p. 11). Quando ele está descrevendo o comando *Copy*, ele aconselha aos usuários "*nunca desenhar qualquer coisa duas vezes!*" (p. 41). Mas, o mesmo autor, não discute estratégias explícitas de como "*projetar o desenho*". Em um livro de programação para a computação gráfica, MITCHELL et al. (1987) afirmam que "*você tem que pensar cuidadosamente na estrutura do desenho em*

termos de repetição, condicionantes, na hierarquia das partes e no uso de transformações” (p. 515). Porém, este conhecimento não é explicitado em quaisquer das fontes descritas e é deixada aos usuários a tarefa de deduzi-lo ou desenvolvê-lo durante o uso.

Então, parece que os manuais e livros concentram-se em fornecer conhecimento em níveis mais baixos da decomposição de tarefas. Este também é o conhecimento que é entendido razoavelmente bem por usuários experientes. Portanto, enquanto os usuários experientes são bastante proficientes usando comandos complexos de *software* CAD que não estavam presentes no traçado manual, as estratégias de mais alto nível ainda mantêm uma semelhança notável com o traçado manual (BHAVNANI, 1994).

Livros sobre o traçado manual apresentam descrições detalhadas das ferramentas, técnicas e em como usá-las e regras simples para compor e executar uma tarefa de desenho. Estes fornecem técnicas para prevenir linhas borradas e desenhos sujos. São fornecidas também instruções para executar tarefas que requerem mudanças de ferramenta (BEAKLEY et al., 1984; CHING, 1975).

Na maioria dos casos, se estes procedimentos não são seguidos, é muito difícil produzir um desenho preciso e de qualidade. Como existe uma relação causal forte entre técnica e qualidade e porque as falhas são publicamente visíveis, os desenhistas tendem a ser altamente motivados para melhorar suas técnicas. Esta forte relação causal entre técnica e desenho de qualidade é ausente nos sistemas CAD. É fácil alcançar-se um desenho preciso e limpo sendo exigido apenas um conhecimento básico do sistema CAD. Como as falhas na técnica não são publicamente visíveis, os usuários nem notam suas técnicas ineficientes nem têm motivação para mudá-las. Mesmo quando os desenhos são compartilhados, se todos os membros de um grupo compartilham um modelo mental comum do sistema CAD usado, as estratégias ineficientes podem permanecer despercebidas.

A natureza da avaliação também poderia explicar porque a maioria dos usuários de sistemas CAD nunca alcança o nível de aprendizagem estratégica (vide item 2.7.2). No estudo de LANG et al. (1991), quando um usuário tentava desenhar algo, não conseguindo de determinado modo, este abandonava o primeiro modo e tentava de modo diverso até conseguir e, a partir daí, passava a adotar sempre este caminho.

Também, no *software* CAD, o uso de uma estratégia ineficiente não impede o usuário de completar a tarefa já que existem muitos modos de completar a mesma. Então, como a avaliação através do erro e correção raramente acontece, os usuários de *software* CAD nunca podem alcançar um nível de aprendizagem estratégica até mesmo depois de muitos anos de experiência.

Nós suspeitamos que hajam estratégias eficientes em todos os níveis de um sistema CAD que necessitam serem explicitadas. Porém, ainda é uma pergunta empírica sobre se essas estratégias podem ser aprendidas por usuários através de menus de ajuda instrutiva bem-projetados.

Outra abordagem explorada por BHAVNANI (1994) é a de equipar o computador com processos avaliativos para os usuários quando estes usam estratégias ineficientes. O encorajamento através da interação e revisão também poderiam ser mecanismos igualmente poderosos.

Mesmo com o avanço apresentado pelos equipamentos e programas de computador aplicados à Arquitetura, ainda há muito que evoluir até o surgimento de sistemas computacionais mais adequados à projeção. A maior carência é a falta de suporte satisfatório às fases iniciais de concepção do projeto. As atuais ferramentas CAD são bastante impositivas, não oferecendo o suporte à imprecisão e à incerteza que os esboços de concepção necessitam e, portanto, freqüentemente, fixam ou cristalizam conceitos projetuais em desenvolvimento.

A maioria dos arquitetos adotou o esboço à mão livre, a lápis, como uma parte inestimável das fases iniciais do processo projetual (LAWSON, 1997b; PIPES, 1990). No entanto, os desenhos esboçados, em sua maioria, ainda são perdidos ou jogados fora sem muito cuidado ou sem se pensar que estes podem ser úteis no futuro (PIPES, 1990). Recentemente, algumas tentativas vêm sendo feitas para dar suporte ao esboço no computador (HWANG e ULLMAN, 1990; LAKIN, 1989; VANDIJK, 1995; GROSS, 1996; TOVEY, 1997) (vide item 3.2.1).

Durante a fase de concepção de projeto, uma grande variedade de alternativas é rapidamente considerada e comparada. O arquiteto trabalha de modo abstrato e sem compromisso, empregando diagramas e esboços para representar a situação do projeto e para explorar soluções alternativas. Já que os diagramas e esboços são abstratos, o arquiteto pode evitar pensar prematuramente sobre os detalhes. Como estes são rápidos e fáceis de serem executados, o arquiteto pode rapidamente explorar uma variedade de tipos de soluções sem o esforço ou o compromisso de fazer desenhos mais elaborados.

O arquiteto parte de um desenho diagramático para desenvolver desenhos esquemáticos mais específicos, detalhados e comprometidos. A informação nesses desenhos é mais rica e mais complexa; no entanto, os desenhos esquemáticos tipicamente irão conter a maioria dos elementos e relações presentes no desenho diagramático. À medida que o processo projetual continua, os desenhos esquemáticos são desenvolvidos tornando-se mais específicos, mais detalhados e mais comprometidos. Os desenhos finais que especificam o

artefato projetado para a construção ou manufatura são caracterizados pelo total comprometimento deixando pouco espaço para a ambigüidade ou a abstração.

O trabalho, a partir da abstração para os detalhes específicos, com o aumento gradual do comprometimento e da precisão, faz da projeção um processo de aumento da formalização. O espaço das alternativas de projeto é definido e circunscrito pelos limites que especificam as qualidades e quantidades projetuais e as relações espaciais. Portanto, podemos pensar sobre projeção como um processo de adicionar limites e de explorar o espaço projetual que estes limites determinam. Com o progresso da projeção da fase diagramática para a fase esquemática, alguns limites permanecem enquanto outros mais detalhados são acrescentados. Por exemplo, as relações entre tamanhos e posições de portas e janelas, as espessuras das paredes e considerações sobre a terceira dimensão são adicionadas como limitantes do projeto. A representação diagramática torna-se, então, insuficiente para a representação do projeto, devendo ser desenvolvida ou substituída pelo desenho esquemático que poderá ilustrar estas novas propriedades e relações.

A representação no computador tem, na maioria das vezes, ignorado esta progressão dos diagramas abstratos e pouco comprometidos para os desenhos detalhados, especificados e altamente comprometidos. As ferramentas CAD preocupam-se, em sua maioria, em dar suporte às fases finais da projeção. Estas requerem do arquiteto a identificação dos elementos de projeto e as relações entre eles de modo específico e preciso, ao invés de aceitar a abstração característica da fase de concepção de projeto. Portanto, a grande maioria dos arquitetos permanece utilizando lápis e papel para fazer suas explorações iniciais e trazem o projeto para o computador apenas depois que o trabalho tenha alcançado um estágio apropriado ao esforço, comprometimento e precisão que o CAD demanda.

Dois obstáculos trabalham contra se pensar rapidamente e de modo abstrato com os pacotes CAD de hoje: a precisão e a estruturação interna das representações CAD e a interface através do mouse. Primeiramente, as representações internas da maioria dos programas CAD não são sensíveis à abstração ou à ambigüidade. Os elementos devem ser identificados precisamente e posicionados, com tamanhos definidos e relacionados a outros elementos projetuais de modos específicos, sendo, portanto, difícil para um arquiteto adiar a tomada de decisões precisas e específicas. Em segundo lugar, a maioria das interfaces homem – máquina dos programas CAD emprega menus ou barras de ferramentas que demandam um esforço maior do que o apropriado para se expressar uma idéia a qual o arquiteto dificilmente estará comprometido. Por exemplo, em um programa CAD típico, desenhar um círculo demanda três etapas: selecionar a ferramenta círculo, localizar um centro e identificar o raio. O círculo resultante é altamente preciso com uma posição, tamanho e forma específicos bem

como com uma espessura de linha e cores determinadas. No entanto, o arquiteto pode não pretender que o círculo possua nenhuma destas propriedades específicas. A interface do programa CAD faz com que o arquiteto trabalhe demais e suas representações específicas pressionam o arquiteto a tomar decisões específicas antes que este esteja preparado a fazê-las.

Estes dois obstáculos sugerem um outro tipo de abordagem do computador para dar suporte à fase de concepção. Primeiramente, adotar uma interface baseada no paradigma da representação do lápis e papel, permitindo que o arquiteto desenhe diretamente o que ele tem na cabeça, com diversos graus de precisão, ambigüidade e abstração. Em segundo lugar, fornecer representações internas que possam tolerar a ambigüidade e a incompletude, ainda que estas possam tornar-se mais formais e estruturadas à medida que o projeto evolua.

Portanto, o que podemos constatar é que o despreparo humano em lidar adequadamente com a tecnologia, tanto por parte dos que geram o *hardware* e o *software* como por parte dos que os utilizam, determina a subutilização do enorme potencial que as ferramentas computacionais apresentam, gerando uma visão distorcida da tecnologia e de sua participação no processo projetual. No entanto, mesmo apresentando limitações, as ferramentas CAD oferecem recursos, aplicáveis à projeção arquitetônica, capazes de estabelecer um modo totalmente novo de interação entre o arquiteto e o problema/proposta projetual.

3.12.3. Paradigmas X Práticas

Um problema central presente na dialética entre paradigmas e práticas é o de se os criadores de novas ferramentas podem assumir que os novos paradigmas alterarão as práticas existentes ou se eles se conformarão a elas. Em outras palavras, se as práticas existentes mudarão em função dos novos paradigmas ou se elas irão causar a reformulação destas ferramentas baseada nestes paradigmas. Se levadas ao extremo, acreditamos que qualquer uma das posições opostas tenderá a falhar. Da mesma forma que uma ferramenta computacional que não acomode parâmetros de utilidade será descartada, uma ferramenta que não mude nada na prática existente não trará nenhuma consequência.

A precisão no uso da ferramenta ocorre através do equilíbrio entre os dois extremos; quer dizer, criar ferramentas facilmente acomodáveis nas práticas existentes e melhorando, ao mesmo tempo, significativamente, o seu desempenho. Neste percurso, uma combinação de três fatos deve ocorrer. O primeiro deles é o aparecimento de novas práticas em função das novas ferramentas. Por exemplo, há muito pouco tempo um projeto destes teria sido escrito a lápis e papel e depois datilografado; no entanto, agora, a norma é a utilização de um teclado

de computador. Outro fato é a invenção de novos paradigmas. Tomando o mesmo exemplo, palavras no modo tradicional existiam como marcas no papel. Agora, elas existem em forma binária, capturadas em impulsos eletrônicos interpretados por compiladores e modelos computacionais de processamento de dados de alto nível. Isto significa um modelo totalmente novo de como símbolos são representados, conduzindo a outros usos para os quais estas entidades eletrônicas podem ser sujeitadas tais como a transmissão eletrônica, a impressão, o processamento de textos automático e assim por diante. Isto é um modelo completamente novo de informação simbólica. O terceiro fato é a geração de novos tradutores que conectam comportamentos ou paradigmas existentes com os recentemente criados. A palavra escrita no papel é interpretada pelo leitor e o pensamento deste é transportado para o papel através do comportamento motor da manipulação de uma caneta. Símbolos eletrônicos nem são visíveis a olho nu nem induzíveis pela mão ‘nua’. Ferramentas que codificam e exibem dados eletrônicos são partes indispensáveis das ferramentas de processamento de textos.

Assim, acreditamos em um desenvolvimento contínuo e de ação conjunta (uma via de mão dupla) em que as mudanças de paradigmas influenciam as práticas existentes assim como as mudanças nas práticas existentes são responsáveis pela geração de novos paradigmas.

3.13. Trabalhos Relacionados ao Tema

Neste item, propomo-nos a apresentar alguns dos trabalhos recentes relacionados ao tema deste presente trabalho.

REGO (2000), em sua dissertação de mestrado, através da análise dos discursos de arquitetos entrevistados em Salvador, observou uma reflexão pequena e não aprofundada do uso do computador como instrumento mediador, do ponto de vista da interação entre arquiteto e problema/proposta projetual. Esta autora também coloca que as mudanças assinaladas pelos entrevistados foram principalmente nos aspectos relativos à geração da documentação final da proposta e aos recursos para a apresentação da mesma ao cliente. Ela também afirmou que o modelo tridimensional só é utilizado para a apresentação do projeto ao cliente e não na fase de concepção da idéia e que, além disso, o uso de programas dedicados é mínimo e irrelevante e que o uso do computador nas fases iniciais da projeção é muito raro. Estas mesmas afirmações também foram corroboradas pelas entrevistas com arquitetos de São Paulo, realizadas pelo professor PINTO (1999) em sua tese de doutorado. Para estes arquitetos, existiriam dois momentos distintos durante a projeção: o da concepção do projeto, elaborado com instrumentos tradicionais e o segundo, que compreenderia todas as fases de produção do projeto, este, sim, informatizado. Alguns poucos entrevistados também trabalhavam com uma

técnica mista, que ficava indo e voltando da prancheta para o computador mesmo durante a fase de concepção da obra. A justificativa dada pelos arquitetos entrevistados é a de que o esboço a lápis oferece mais velocidade e fluidez no pensamento. Eles também fazem referência à beleza e à maleabilidade do desenho manual como um elemento de qualificação e distinção do projeto. O que foi constatado é que os arquitetos encontram-se em um primeiro momento de uso de ferramentas computacionais na projeção arquitetônica, cuja maior expressão está na adoção de programas CAD genéricos (editores de desenho – principalmente o AutoCAD) e a subutilização das redes informatizadas.

Algumas das afirmações feitas tanto por Rego quanto por Pinto, sobre a preferência da utilização dos esboços em relação às ferramentas computacionais nas fases iniciais de concepção do projeto, são comuns aos arquitetos independentemente de seu país de origem. LAWSON (1997b), em sua pesquisa com arquitetos de diversas nacionalidades, constatou opiniões semelhantes às reportadas por Rego e por Pinto. As pesquisas conduzidas pelo Instituto Americano de Arquitetos (AIA, 1991) corroboram tais dados e indicam que há um aumento gradual na porcentagem de escritórios que usam computadores como ferramenta de desenho enquanto que os que usam computadores como ferramentas de projeto são pouquíssimos. Também, em uma pesquisa mais recente realizada nos Estados Unidos foi estimado que apenas 14% dos escritórios de Arquitetura usam o computador para projetar. Portanto, o uso do computador na projeção tem sido mínimo e não é tão comum como o uso na representação (STEELE, 2001).

REGO (2000) também observou divergências entre as falas de um mesmo arquiteto. Por exemplo, um deles em um momento negou a possibilidade de usar o computador como um facilitador da criatividade e noutro momento associou a ferramenta à liberdade formal, quando o uso de formas livres sempre esteve atrelado, no discurso arquitetônico, a um alto grau de criatividade.

Nas entrevistas realizadas por LAWSON (1997b) foram observadas algumas opiniões favoráveis ao uso de programas de computador nas fases de concepção. Por exemplo, o arquiteto I. Ritchie utiliza o computador como uma ferramenta de esboço, acreditando que ao obter vistas simples e rápidas do projeto estaria facilitando o processo de tomada de decisões. Um outro exemplo são os sócios R. Venturi e D. Brown citados como sendo entusiastas no uso do computador como ferramenta de concepção e não só como ferramenta de desenho.

REGO (2000) observou também que alguns entrevistados encontravam-se preocupados quanto ao perigo da acomodação dos estudantes em relação aos recursos dos programas, limitando-se a usar o que já está pronto e otimizado, como por exemplo: as bibliotecas de símbolos e elementos ou os comandos mais simples. Não sabemos se este fato

se trata de uma deficiência de quem está ensinando ou de quem está aprendendo ou de ambos. Mas, isso poderia resultar em uma Arquitetura pouco pensada, pouco criativa e inconsistente que considere o uso da tecnologia apenas do ponto de vista da produtividade e da rapidez.

Apesar de opiniões favoráveis e desfavoráveis, REGO (2000), LAWSON (1997b) e PINTO (1999) afirmaram que os arquitetos entrevistados demonstraram perceber que estamos vivendo uma fase transitória em que as novas gerações de arquitetos apresentarão maneiras de projetar diferentes das atuais. Uma vez que a formação acadêmica vem utilizando-se de instrumentos informatizados, alguns entrevistados reconhecem que está em curso uma nova forma de pensar e fazer Arquitetura.

3.14. Conclusão

No capítulo acima, analisamos a influência das mídias (lápiz e computador) sobre a projeção arquitetônica dando ênfase à atividade de esboço que desempenham um importante papel na fase de concepção. Fizemos, ainda, um paralelo entre representação gráfica, Arquitetura, sistemas CAD e a linguagem. Onde concluímos que as representações nos sistemas CAD ainda não desempenham um bom trabalho no sentido de ‘casar’ com as representações mentais usadas pelos arquitetos, tornando-se assim uma fonte de esgotamento dos recursos cognitivos. Visto que os usuários têm que traduzir conceitos de suas representações internas nos termos da representação do sistema CAD usado. Quando o arquiteto é obrigado a traduzir idéias de projeto em representações no sistema CAD, isso interfere no projeto, ao invés de ajudar.

Historiamos as antigas ordens de representação, a fim de situarmos o momento histórico em que vivemos e tentarmos compreendê-lo. Em seguida, apresentamos o surgimento e o desenvolvimento da computação gráfica, apresentando a relação da computação gráfica com as técnicas perspectivas, visto que esta, depois do Sistema Mongeano e da perspectiva, pode ser vista como a terceira sistematização da representação gráfica. Em seguida, delineamos um quadro da utilização da computação gráfica na projeção arquitetônica na atualidade, expondo as implicações da mesma em nossas formas de trabalho e de relacionarmos com o outro, com o processo projetual e com o objeto arquitetônico. Finalmente, procuramos nos aprofundar, discutir e sintetizar alguns pontos que consideramos fundamentais para a compreensão das implicações da computação gráfica no processo de concepção arquitetônica utilizando-nos de conteúdos e conceitos abordados nos itens anteriores, apresentando, inclusive, as características e limitações dos sistemas CAD aplicados à projeção arquitetônica.

O que pudemos constatar é que as técnicas computacionais encontram-se em estado de desenvolvimento. Vivemos uma fase temporária de adaptação. Acreditamos que, futuramente, o computador, a partir do desenvolvimento de suas capacidades quanto ao *hardware* e ao *software* e da adaptação do homem à mídia, irá estabelecer uma nova relação com a atividade projetual. Isto ocorrerá visto que os estudantes (futuros arquitetos) estão em contato com uma nova metodologia de ensino que (bem ou mal) trabalha com o computador em sala de aula desde o início do curso. Isto soma-se ao fato de que estes mesmos estudantes possuem uma visão diferente do computador, uma vez que este faz parte da vida deles em casa e na escola desde o ensino fundamental. Além disto, alguns arquitetos estrangeiros como Tschumi, Gehry, Eisenman, Himmelblau e Frazer, dentre outros (vide item 1.6), vêm usando o computador de forma inovadora apresentando resultados bastante interessantes.

Assim, a discussão sobre os diferentes meios para a apresentação e a representação de idéias e a influência que isso pode trazer ao processo de concepção do espaço arquitetônico são elementos básicos para qualquer debate contemporâneo no campo projetual. Tal discussão só virá a contribuir na tentativa de elucidar quais as diferenças geradas no processo projetual devido à utilização da computação gráfica e, conseqüentemente, contribuirá para otimizar a utilização do computador como ferramenta de concepção de projeto.

Procuramos, portanto, desenvolver nosso presente trabalho a partir da análise de pontos que consideramos ainda pouco estudados. Com este intuito, elaboramos uma análise relacional entre os processos de concepção de um projeto quando utilizando-se dos instrumentos tradicionais de desenho e quando utilizando-se de *software* de computação gráfica. Visto que a nossa preocupação é com o processo projetual como ato cognitivo no momento da concepção, escolhemos uma abordagem psicológica do tema. A fim de embasarmos nosso trabalho empírico, buscamos subsídios nas teorias da Psicologia Cognitiva (abordadas no capítulo 2) para tentar compreender o processo mental de desenvolvimento de uma idéia projetual identificando as mudanças geradas neste processo quando da utilização do computador nas fases iniciais de concepção.

Alguns pontos que pudemos levantar é que a falta de adaptabilidade dos programas de computador para serem utilizados na concepção de um projeto dá-se, primeiramente, pela falta de compreensão e aprofundamento sobre os processos cognitivos utilizados pelo arquiteto quando este está pensando e desenvolvendo uma idéia. Se conseguíssemos compreender melhor este processo do pensamento projetual, poderíamos, trabalhando em equipe com os programadores de *software*, tornar o mesmo mais adequado ao processo de concepção arquitetônica. Aproximaríamos, assim, o arquiteto do computador, para que ele se

sentisse tão ou mais estimulado para desenvolver suas idéias no computador quanto com o lápis e o papel.

Outro ponto importante seria a compreensão, por parte dos arquitetos, dos novos processos cognitivos gerados pela utilização da computação gráfica. Assim, estes poderiam tirar proveito dos computadores como meios complementares de suas atividades mentais básicas (vide capítulo 2).

Propomos, deste modo, um processo iterativo; um caminho de mão dupla: o homem adaptando-se ao computador e o computador adaptando-se ao homem; do paradigma para a prática e desta de volta ao paradigma e, do computador para o lápis e papel e dos mesmos de volta para o computador. Deste modo buscaremos compreender as similaridades, diferenças e limitações de ambas as mídias (lápis e computador) a fim de que possamos melhorar a utilização das ferramentas e oferecer recomendações aos desenvolvedores de *hardware* e *software* para que esses possam gerar sistemas mais capazes de dar suporte ao trabalho criativo da fase de concepção do projeto arquitetônico.

Com o capítulo 3, concluímos a abordagem teórica dos três campos temáticos que deram suporte a nossa pesquisa: (capítulo 1) o processo projetual arquitetônico (focando a fase inicial de concepção); (capítulo 2) os processos cognitivos aplicados à Arquitetura e (capítulo 3) os meios de representação arquitetônica (lápis e papel X CAD) aplicados à concepção arquitetônica. Assim, levando em consideração esta interdisciplinaridade, trataremos, no capítulo seguinte, sobre a metodologia empregada a fim de atingirmos os nossos objetivos e confirmarmos ou refutarmos nossas hipóteses.

CAPÍTULO 4. Metodologia

4.1. Introdução

Este capítulo descreve a Metodologia adotada para o desenvolvimento do nosso trabalho. Iniciaremos apresentando uma revisão bibliográfica sobre as pesquisas que vêm sendo desenvolvidas ao longo dos anos na área da projeção mostrando diversos enfoques e metodologias adotados e algumas das descobertas advindas destas pesquisas. Deste modo, estaremos descrevendo outras possíveis opções metodológicas e justificando a nossa escolha. Em seguida, detalharemos a Metodologia empregada (Análise de Protocolos). Depois, apresentaremos a seqüência das etapas metodológicas começando pela Revisão Bibliográfica, dando continuidade com o Estudo Piloto e finalizando com o Modelo Final de Análise. Apresentaremos também os instrumentos de análise bem como alguns exemplos de trechos do experimento. Finalizaremos com uma previsão de como se desenvolverá a Análise dos Dados.

4.2. Opções Metodológicas para o Estudo do Processo Projetual

Neste item, apresentaremos uma revisão bibliográfica das pesquisas que vêm sendo realizadas na área da projeção, mostrando as diversas abordagens empregadas, as metodologias adotadas e algumas das descobertas advindas destas pesquisas. Deste modo, descreveremos outras possíveis opções metodológicas e justificaremos a nossa escolha.

As primeiras pesquisas sobre projeção preocupavam-se com a estrutura do processo projetual e com a filosofia do método projetual, tentando aplicar métodos Cartesianos à projeção. Estas atraíram a atenção de muitos estudiosos acadêmicos durante os anos 60 e 70, inclusive com a criação de grupos de pesquisa sobre o assunto, tais quais o ‘*Project Methods Group*’ (Grupo de Métodos Projetuais) nos EUA e o ‘*Project Research Society*’ (Sociedade de Pesquisa Projetual) no Reino Unido. ASIMOW (1962) focalizou os elementos do projeto, JONES (1963) os fatores, ARCHER (1965) os subproblemas e ALEXANDER (1967) os padrões. Estes pesquisadores preocupavam-se enormemente com a definição de estratégias de projeção, descrevendo procedimentos ou seqüências que eles esperavam que pudesse permitir que o projetista lidasse melhor com a grande complexidade da prática projetual.

A maioria destes teóricos pioneiros discutia a natureza da projeção como ciência, buscando a generalização através de uma metodologia projetual única, como se fosse possível enquadrar as metodologias usadas por todos os projetistas em uma única estrutura. Estas metodologias tenderam a ser teóricas e prescritivas, derivadas mais do que se pensava sobre a projeção do que da observação experimental da mesma, sendo caracteristicamente lógicas e

sistemáticas. Em vista disso, a maioria destas metodologias não foi considerada como realmente útil.

Dois grandes exemplos de pesquisadores na área da projeção são Jones e Cross. CROSS (1989) descreveu uma série de métodos que poderiam ser usados durante a projeção, tais quais: a Tempestade de Idéias (*brainstorming*), a Análise de Funções, a Árvore de Objetivos, as Especificações de Performances, dentre tantos outros que se encontram descritos em seu livro: '*Engineering Design Methods*'. JONES (1992), professor e projetista industrial, também descreveu métodos para a projeção tais como: a Pesquisa Sistemática, a Análise de Valores, a Engenharia de Sistemas, a Pesquisa de Limites, a Teoria da Decisão, só para citar alguns dentre tantos apresentados em seu livro '*Design Methods*'.

Outra área de concentração na pesquisa projetual é a que se preocupa com as ferramentas de projeção. Esta lida com o papel do esboço na cristalização das noções de projeto e na formação de idéias na fase inicial da projeção. A fundação desta área de pesquisa está no trabalho pioneiro de ARNHEIM (1970) que afirma que a separação entre ver - perceber e pensar - raciocinar é irreal e enganosa. Em outro livro, ARNHEIM (1986), através dos trabalhos de três psicólogos da arte, explora os mecanismos de percepção da arte e cognição e sua relevância para a Psicologia da Gestalt.

As tentativas de compreender 'como os projetistas projetam', sem objetivar criar um modelo de projetar, também começaram nos anos 60 com o método de introspecção usado pelos psicólogos, onde o sujeito era encorajado a reportar verbalmente seus processos cognitivos (VAN SOMEREN et al., 1994) e depois prosseguiram com métodos inovadores de análise de protocolos verbais de resolução de problemas (EASTMAN, 1968 e 1970; NEWELL e SIMON, 1972 e ERICSSON e SIMON, 1993). Estes pesquisadores usaram o método de análise de protocolos desenvolvido por NEWELL (1966). Este método envolve a organização de experimentos quase laboratoriais a fim de se registrar o comportamento do projetista usando fitas de vídeo (AKIN e LIN, 1995), fitas de áudio (YI-LUEN e GROSS, 1995), esboços no papel etc.

Existem vários pontos de vista diferentes sobre o processo projetual, no campo do pensamento projetual (AKIN, 1993 e DORST e DIJKHUIS, 1995). Dentre eles, a teoria derivada da resolução de problemas (NEWELL e SIMON, 1972) que afirma que o pensamento humano é um processo simbólico através do espaço do problema, constituído de uma série de buscas alternativas do estado inicial até o estado final (SIMON, 1992). Esta teoria tornou-se uma das mais importantes para a psicologia cognitiva, a inteligência artificial e o projeto auxiliado por computador (CAD – *computer - aided design*) (LIU, 1996).

FRICKE (1996) estudou cinquenta projetistas de níveis variados de habilidade e experiência usando a análise dos protocolos verbais. Uma boa imaginação espacial, um conhecimento sólido e uma alta competência heurística foram significativamente correlacionados com a qualidade projetual. Projetistas prósperos usaram um estilo ao mesmo tempo flexível e metódico de trabalho.

Em outro estudo de análise de protocolos verbais de projetistas experientes, ULLMAN et al. (1988) pediram que cinco projetistas mecânicos resolvessem dois problemas industriais. Eles descobriram que os projetistas de sucesso escolhem um projeto conceitual bom durante a fase inicial do processo projetual, geram e selecionam refinamentos bons ao longo do projeto e identificam violações dos limites.

SUTCLIFFE e MAIDEN (1992) usaram análise de protocolos verbais para estudar o comportamento em relação ao raciocínio, ao planejamento, à modelagem conceitual e ao acúmulo de informação de treze estudantes de análise de sistemas ao resolver um problema de planejamento. Eles correlacionaram o desempenho com vários fatores, concluindo que os sujeitos de sucesso rigorosamente testam hipóteses e raciocinam com modelos conceituais. Em contraste, uma análise fraca do alcance do problema e a falta do teste de hipóteses conduzem a um desempenho fraco.

São inúmeras as pesquisas na área da projeção; mas, como pudemos observar, a partir de nossa revisão bibliográfica, existem, basicamente, cinco principais abordagens a serem empregadas a fim de compreendermos o processo projetual arquitetônico: (1) pensar sobre a projeção (ASIMOW, 1962; JONES, 1963; ARCHER, 1965; ALEXANDER, 1967); (2) observar os projetistas em seu local de trabalho; (3) entrevistar projetistas (DARKE, 1979; LAWSON, 1997b); (4) simular o processo projetual em uma mídia digital (YI-LUEN e GROSS, 1995 e STINY, 1980) e (5) conduzir experimentos construídos artificialmente em laboratórios com projetistas em condições controladas (VAN SOMEREN et al., 1994; EASTMAN, 1968 e 1970; AKIN, 1986; AKIN e LIN, 1995; SCHÖN, 1995; GOLDSCHMIDT, 1991 e 1994 SCHÖN e WIGGINS, 1992; CHAN, 1990; ECKERSLEY, 1988; GERO E MCNEILL, 1998; MCGINNIS e ULLMAN, 1988; SUWA e TVERSKY, 1996 e 1997; SUWA et al., 1998 (b); LAWSON, 1972, 1997a, 1979, 1984; GUINDON, 1990; FRICKE, 1996; SUTCLIFFE e MAIDEN, 1992; NEWELL e SIMON, 1972; ERICSSON e SIMON, 1993; YI-LUEN e GROSS, 1995; FRICKE, 1996 ULLMAN et al., 1988).

Em nosso presente trabalho escolhemos esta última abordagem de análise, ou seja, a de relacionar o processo de concepção projetual entre as mídias tradicional e digital conduzindo um experimento com projetistas em um laboratório, sob condições controladas. Esta alternativa representa uma abordagem de pesquisa muito respeitada, com resultados

empíricos robustos e permitindo a aplicação da análise estatística. Os resultados destes experimentos sempre sugerem idéias importantes que podem ser exploradas posteriormente em um cenário mais realista. Também, escolhemos este tipo de análise devido ao nosso enfoque psicológico cognitivo, já que se acredita que em situações controladas, os indivíduos podem revelar seus processos cognitivos através da verbalização de seus pensamentos.

Discutiremos abaixo sobre as outras possíveis abordagens a serem adotadas a fim de justificarmos a exclusão das mesmas.

O primeiro tipo de abordagem é a dos que simplesmente pensam sobre a projeção, analisam a tarefa e propõem estruturas lógicas e processos que imaginam que deveriam acontecer durante a atividade da projeção. Como vimos no início deste item, esta foi a abordagem mais adotada nas pesquisas iniciais realizadas sobre a projeção. Os pesquisadores nos anos sessenta não descreviam o processo projetual baseados em qualquer evidência ou observação; mas, o que eles acreditavam que deveria ocorrer de um modo lógico. No entanto, este modo de análise, ao confrontar-se com os trabalhos empíricos, provou não refletir a realidade, sendo bastante rejeitado e criticado pelos arquitetos como sendo irrelevante e irreal. Também, este método mostrou ser bastante vulnerável devido à sua dependência em relação às opiniões pessoais do pesquisador. Todavia, não podemos menosprezar a importância dos trabalhos desenvolvidos nesta época, já que estes serviram de estímulo aos que se seguiram, usando outras estratégias de pesquisa, através da definição dos assuntos e do mapeamento de questões relevantes e, com isso, desafiando os trabalhos posteriores a respondê-las.

Na segunda abordagem, encontramos os que observam os projetistas em seus locais de trabalho. Esta nunca foi uma opção muito aceita já que, infelizmente, o comportamento externo de um sujeito não revela satisfatoriamente os processos mentais subjacentes às suas ações. Apesar de esta opção oferecer bastante realismo, ela carece de dados úteis. Se simplesmente ouvirmos o que os projetistas dizem enquanto assistimos ao que eles fazem enquanto trabalham, estaremos perdendo a ação principal que acontece em suas mentes. Visto que é bastante comum que os arquitetos, durante a atividade projetual, conversem sobre amenidades ao invés de externalizarem seus processos de pensamentos especificamente ligados à projeção.

Utilizando-se da terceira abordagem, há os que analisam o que os projetistas dizem sobre seus processos de trabalho através de entrevistas ou lendo o que eles escreveram sobre o assunto. Porém, o que os arquitetos afirmam sobre seus processos, por uma série de razões, pode ser bastante duvidoso. Os arquitetos, em sua maioria, projetam melhor do que explicam

os seus trabalhos, pois, muitos até não possuem o dom da palavra. Também, alguns, em suas descrições, preocupam-se mais em impressionar e em vender seus projetos do que em explicá-los, dificilmente revelando dúvidas e fraquezas (tão importantes no desvelamento do processo). E ainda, os arquitetos, usualmente, quando gostam de uma solução, são extremamente criativos em desenvolver raciocínios posteriores ao processo ocultando todas as partes em que se sentiram um pouco perdidos e mostrando apenas um progresso lógico e inexorável para a solução que eles querem apresentar como a ‘correta’.

A quarta abordagem é muito recente, muito pouco usada e bastante controversa, é a dos que tentam simular o processo projetual em uma mídia digital não humana. Hoje em dia, começaram a surgir *softwares* capazes de tomar decisões projetuais. Porém, ainda que usemos a mente humana como uma metáfora do computador para que possamos fazer com que um computador projete, não acreditamos que a recíproca seja verdadeira. Ou seja, não acreditamos que possamos estender as conclusões, por analogia, do computador para a mente humana.

Pelas justificativas acima apresentadas escolhemos abordar o nosso trabalho utilizando, como afirmamos anteriormente, um experimento controlado. Não pretendemos com isso afirmar que a metodologia adotada não apresente falhas. Qualquer metodologia sempre apresentará falhas e estará passível a críticas, já que não existe uma metodologia completamente adequada, perfeita. Cada uma delas apresenta pontos fortes e pontos fracos e nenhuma delas oferecerá uma resposta completa. O conhecimento vai avançando passo a passo, a cada pesquisa feita, seguindo abordagens distintas que se complementam, contribuindo para a compreensão do todo. Portanto, devemos fazer escolhas conscientes em função do que desejamos descobrir e tentar minimizar as imperfeições do método utilizado. E, nossa escolha foi feita por acreditarmos que a abordagem usada seria a mais pertinente ao nosso enfoque e a mais precisa nos seus resultados.

Apresentaremos no item seguinte o detalhamento do método adotado.

4.3. O Método Empregado – A Análise de Protocolos

Dentro desta abordagem, visando trabalharmos com um experimento controlado, poderíamos adotar diversos métodos para tabular e analisar os dados. Nesta pesquisa, escolhemos a Análise de Protocolos. Visto que a análise de protocolos (ERICSSON e SIMON, 1993; VAN SOMEREN et al., 1994) tornou-se a técnica experimental predominante para se explorar a compreensão do ato de projetar (CROSS, 1996). Esta formalizou o estudo dos aspectos intuitivos da projeção e tem sido a principal técnica utilizada nos estudos sobre

cognição na atividade projetual, revelando visões importantes sobre resolução de problemas projetuais e esboços no contexto arquitetônico (CROSS, 1996; SCHÖN e WIGGINS, 1992; CHAN, 1990; AKIN e LIN, 1995; EASTMAN, 1970; ECKERSLEY, 1988; GERO e MCNEILL, 1998; GOLDSCHMIDT, 1991; MCGINNIS e ULLMAN, 1992; SUWA e TVERSKY, 1996; SUWA et al., 1998 (b); SUWA e TVERSKY, 1997).

EASTMAN (1968) conduziu o primeiro estudo conhecido do processo projetual que utilizou a análise de protocolos. Neste estudo, era pedido a projetistas experientes que reformassem o interior de um banheiro residencial dado, com base nas representações ortogonais do mesmo. Este estudo inicial foi seguido por um número de outros que possuíam metodologia e/ou conteúdos semelhantes (EASTMAN, 1970; AKIN, 1986; SCHÖN, 1995; GOLDSCHMIDT, 1991; GOLDSCHMIDT, 1994). A análise de protocolos de projetos, até hoje, continua a ser usada como fonte de informação sobre os processos cognitivos na projeção, tendo passado, ao longo dos anos, por uma série de adaptações e refinamentos.

LLOYD e SCOTT (1994) sugerem que estudos sobre o processo projetual deveriam adotar uma análise qualitativa. E esta tem sido a direção que os estudos vêm tomando sobre tal temática (DOWNING, 1992; GALLE e KOVÁCS, 1992; SCHÖN, 1988; SCHÖN e WIGGINS, 1992).

Existe uma escola na psicologia a qual defende que em situações controladas, indivíduos podem revelar um quadro aproximado de seus processos cognitivos através da verbalização de seus pensamentos enquanto estão solucionando problemas. A análise dessas seções de resolução de problemas (ou protocolos) é a substância da metodologia de análise de protocolos. O que a análise de protocolos oferece é um método efetivo para a observação controlada e para a análise experimental do comportamento humano resolvendo problemas projetuais (ERICSSON e SIMON, 1993).

4.3.1. A Abordagem Baseada no Processo Versus a Abordagem Baseada no Conteúdo

A Análise de Protocolos, por sua vez, apresenta dois tipos de abordagem, uma baseada no processo e outra baseada no conteúdo.

A resolução de problemas pode ser caracterizada como um processo cognitivo que é dirigido por metas, no qual a solução surge a partir da coordenação de etapas intermediárias de raciocínio. A análise dessas etapas de raciocínio irá salientar as diferenças e similaridades dos comportamentos, pensamentos e resoluções de problemas pelos sujeitos. Como mencionamos anteriormente, a atividade projetual é considerada como um processo mal-estruturado de resolução de problemas onde tanto o problema quanto a sua solução não se encontram bem definidos (vide capítulos 1 e 2). Para lidar com esta natureza do problema,

SIMON (1973) propôs a decomposição do problema em metas e submetas onde o arquiteto encontra soluções parciais para as submetas. Em seguida, ele propôs examinar as inter-relações entre as submetas a fim de compreender o processo de tomada de decisões do projetista. Este tipo de procedimento foi definido por DORST e DIJKHUIS (1995) como uma **abordagem baseada no processo**, também conhecida como **método de análise formal**, por estar focada na descrição do processo projetual em termos de sua taxonomia geral de resolução de problemas, i.e. estado do problema, operadores, planos, metas, estratégias e assim por diante (EASTMAN, 1970; AKIN, 1993; CHAN, 1990; KRAUSS e MYER, 1970; PURCELL et al., 1994, AKIN, 1986).

A abordagem que tem por objetivo revelar os conteúdos do que “*os projetistas vêem, prestam atenção, pensam sobre e recobram da memória enquanto projetam*” (SUWA et al., 1998a, p. 457) foi denominada de **abordagem baseada no conteúdo** e é também conhecida como **método de análise informal**. Exemplos de pesquisadores que têm usado esta abordagem são: SCHÖN e WIGGINS (1992); AKIN e LIN (1995); EASTMAN (1970); ECKERSLEY (1988); GERO E MCNEILL (1998); GOLDSCHMIDT (1991). Este último tipo de abordagem é mais usado para examinar os modos nos quais os projetistas interagem cognitivamente com seus próprios esboços. A falta inicial de uma taxonomia geral dos conteúdos das ações dos projetistas constituiu-se na principal desvantagem desta abordagem, tornando difícil a comparação dos resultados entre projetistas diferentes. Uma das primeiras tentativas de criar uma taxonomia geral foi o esquema de SUWA e TVERSKY (1996). As categorias de SUWA e TVERSKY (1996), no entanto, não se encontravam suficientemente desenvolvidas, então, SUWA et al. (1998a) criaram um novo conjunto de categorias mais satisfatório, a partir de uma revisão do conjunto anterior existente.

Neste tipo de abordagem baseada no conteúdo, a projeção é vista como um processo no qual cada projetista constrói sua própria realidade através de suas ações que são reflexivas, correspondentes e oportunistas em relação à situação projetual, como descrito por DORST e DIJKHUIS (1995). O trabalho de SCHÖN (1995) sobre o projetista como um ‘*professional reflexivo*’ e o trabalho de GOLDSCHMIDT (1991) sobre o ciclo projetual de ‘*perceber – como*’ e ‘*perceber – aquilo*’ são exemplos típicos desta abordagem. O presente estudo pertence a esta última categoria, no sentido de que percebemos o processo projetual como composto por ciclos de mudanças de focos e pensamentos contínuos ou seja, o arquiteto, ao projetar, apresenta uma série de linhas de pensamento em paralelo e o foco é que vai mudando ao longo do processo.

DORST e DIJKHUIS (1995) afirmam que a análise do processo projetual deveria estar focada tanto no processo projetual quanto no conteúdo do problema projetual de modo a

se chegar a conclusões generalizáveis revelando quais informações, recursos e conhecimentos estariam envolvidos no processo. DORST e DIJKHUIS (1995) também afirmam que a abordagem formal racional sobre resolução de problemas é focada apenas nos componentes do processo das atividades projetuais e falha em analisar os conteúdos do que os projetistas vêem e pensam e quais conhecimentos utilizam. Por outro lado, os estudos de casos pertencentes à abordagem informal são, caracteristicamente, baseados na teoria da *'reflexão em ação'* de SCHÖN (1995), que é uma teoria com uma abordagem orientada pelo conteúdo e portanto, difícil de ser usada para comparar e elucidar conclusões generalizáveis nas boas maneiras de se projetar. DORST e DIJKHUIS (1995) concluem afirmando que a abordagem informal deveria ser mais desenvolvida, através da sistematização do problema projetual e suas etapas. Como vimos anteriormente, este desenvolvimento foi feito posteriormente por SUWA et al. (1998a).

Um modo frutífero de se analisar o processo projetual é o de decompor o processo inteiro em seus componentes menores e focar nas ligações entre estes componentes. O termo *'chunk'* (pacote de informações - vide o capítulo 2) utilizado por MILLER (1956) para descrever o agrupamento subjetivo de itens não relacionados, recai sobre esta categoria. Este termo tem sido adotado por pesquisadores que estudam a resolução de problemas e o raciocínio a fim de caracterizar o conhecimento dos especialistas (KOEDINGER e ANDERSON, 1990; SUWA e MOTODA, 1994; CHASE e SIMON, 1973). Os especialistas são capazes de organizar, em unidades coesas e significativas, elementos que parecem não apresentar qualquer relação para um novato. Estas idéias têm sido mais recentemente adotadas por pesquisadores que estudam o processo projetual.

GERO e MCNEILL (1998) propuseram um esquema de codificação para se compreender aspectos da projeção orientados pelo processo. Este consiste de domínios do problema e estratégias de projeto altamente relacionadas ao processo projetual enquanto que as categorias de informação, propostas por SUWA e TVERSKY (1997) e desenvolvidas por SUWA et al. (1998a), foram estabelecidas visando compreender os aspectos projetuais orientados pelo conteúdo. Estes usaram noções propostas por LARKIN e SIMON (1987) para definir três subclasses para analisar o que os projetistas vêem e possivelmente pensam.

Após a coleta de dados, o protocolo bruto é dividido em unidades pequenas denominadas de *'segmentos'*. O propósito da segmentação é o de facilitar o processo de análise porque a codificação baseia-se em um único segmento que pertencerá a uma ou algumas das subclasses de uma categoria no esquema de codificação. Nas pesquisas mais recentes que usam protocolos (SUWA et al., 1998a e MCNEILL et al., 1998), os protocolos

vêm sendo divididos segundo as linhas de intenções e ações dos projetistas ao invés de nos eventos de verbalização ou marcadores sintáticos (ERICSSON e SIMON, 1993). A intenção do projetista é interpretada para produzir cada segmento e cada segmento apresenta uma única intenção do projetista no processo projetual.

GOLDSCHMIDT (1991), em seus estudos com arquitetos, propôs uma segmentação do protocolo pela intenção do projetista. Ela dividiu o processo projetual em ‘movimentos’ e ‘argumentos’. Os movimentos dividem o fluxo das atividades projetuais nas menores unidades de raciocínio de projeto presentes, uma proposição coerente pertencente a uma entidade que está sendo projetada. Os argumentos são as menores declarações perceptíveis sobre o projeto ou sobre aspectos do mesmo, estando relacionada a um movimento de projeto específico. Geralmente, um movimento é constituído de um ou dois argumentos. A escala de segmentos proposta por GERO e MCNEILL está mais para uma escala de argumentos enquanto que a escala de segmentos proposta por SUWA et al. (1998a) está mais para uma escala de movimentos.

Embora a definição de um segmento seja precisa, ainda é vaga a sua aplicação em termos de como dividir o protocolo em segmentos apropriados em algumas situações particulares. Os métodos de segmentação usados em artigos recentes (SUWA et al., 1998a e MCNEILL et al., 1998) são semelhantes ao de GOLDSCHMIDT (1991) enquanto que a relação entre um segmento e seu código é diferente. No artigo de GERO e MCNEILL (1998), um código corresponde a um segmento; assim, a duração dos segmentos é relacionada à subcategoria. Em contraste, no artigo de SUWA et al. (1998a), pode haver mais de um código em um segmento; assim, a subcategoria não afeta os segmentos enquanto as intenções dos projetistas o fazem. Além disso, as bases das segmentações são diferentes nos dois esquemas de codificação. O esquema de codificação proposto por GERO e MCNEILL (1998) baseia-se principalmente nas verbalizações transcritas enquanto que os esquemas propostos por SUWA et al. (1998a) estão essencialmente baseados nas ações dos projetistas no vídeo. Como resultado, os significados das segmentações, nestes dois esquemas de codificação, são diferentes.

Em nosso presente estudo, utilizamos **uma abordagem informal (ou seja, baseada no conteúdo)**, a partir de uma sistematização das ações cognitivas, bastante usada em trabalhos na área da projeção. Trata-se da sistematização já mencionada acima, inicialmente criada por SUWA e TVERSKY (1997) e posteriormente revisada por SUWA et al. (1998a). Esta sistematização, basicamente, divide as ações cognitivas dos sujeitos em físicas, perceptivas, funcionais e conceituais. A partir desta categorização básica, cada pesquisador

desenvolve suas próprias subcategorias segundo os conteúdos componentes do problema projetual estudado após estudo detalhado dos dados (esboços, fitas cassetes e fitas de vídeo).

4.3.2 Protocolos Simultâneos X Protocolos Retrospectivos

Além dos protocolos poderem ter uma abordagem formal ou informal, estes também podem ser simultâneos ou retrospectivos (DORST e DIJKHUIS, 1995). A fim de se obter protocolos simultâneos é solicitado aos sujeitos que ao projetarem, verbalizem seus pensamentos simultaneamente enquanto que nos protocolos retrospectivos, os sujeitos projetam primeiro e só depois, retrospectivamente, relatam o processo projetual com ou sem a ajuda visual fornecida por vídeos que documentam seus próprios processos projetuais. Alguns afirmam que os projetistas podem ser envolvidos em protocolos simultâneos sem que isto altere seus processos cognitivos (ERICSSON e SIMON, 1993). Porém, outros pesquisadores argumentam que o ato de pensar em voz alta interfere com os processos de pensamento e alguns aspectos do processo projetual podem não ser revelados (LLOYD, 1995). Compatíveis com esta visão, os testes de memória visual de SCHOOLER e ENGSTLER-SCHOOLER (1990) demonstraram que a verbalização do raciocínio interfere negativamente no raciocínio visual. Também, um estudo de WILSON (1994) mostrou que as pessoas tendem a se confundir quando pensando em voz alta sobre problemas complexos.

Em contraposição, GERO e TANG (2001) afirmaram que os protocolos simultâneos e retrospectivos apresentam resultados semelhantes. De modo geral, os protocolos simultâneos têm sido utilizados quando se enfoca aspectos da projeção orientados pelo processo. Estes pesquisadores, em sua maioria, baseiam-se na visão do processamento da informação proposta por SIMON (1992).

Normalmente, os pesquisadores sobre projeção escolhem uma ou outra metodologia dependendo de seus objetivos. Em nosso trabalho, usaremos **protocolos retrospectivos**, já que estes têm sido utilizados quando se enfoca os conteúdos cognitivos da projeção, preocupando-se com a noção de *reflexão em ação* proposta por SCHÖN (1995). Este também é o nosso caso, pois estamos enfocando os aspectos cognitivos da projeção e analisando-os segundo os conteúdos das ações cognitivas dos sujeitos enquanto projetam.

Os estudos que se utilizam de protocolos simultâneos revelam detalhes de seqüências de processamento de informações que refletem a memória de curto prazo (STM - *short term memory*) do projetista (ERICSSON e SIMON, 1993; GERO e TANG, 2001). Durante a utilização dos protocolos retrospectivos, os sujeitos relembram o rastro dos processos cognitivos precedentes e revelam informações preservadas parcialmente na STM e parcialmente armazenadas na memória de longo prazo (LTM – *long term memory*). As

características da memória humana podem prejudicar os resultados, já que os dados recobrados da LTM podem ter alguns detalhes omitidos ou podem ter sido gerados a partir de um raciocínio ao invés de uma rememoração (memória seletiva). Para se minimizar a omissão de detalhes que os protocolos retrospectivos podem apresentar devido ao declínio da memória de longo prazo, a informação visual gerada durante o processo projetual deverá ser apresentada em vídeo aos sujeitos na fase de retrospectação (SUWA et al., 1998a). Esta foi a abordagem adotada com os sujeitos pesquisados no presente estudo.

4.3.3. O Método de Análise de Protocolos Adotado Nesta Tese

Começando por SUWA e TVERSKY (1997) os métodos de análise de protocolos mais recentes têm usado relatórios retrospectivos (SUWA et al., 1998a; KAVAKLI et al., 1999; SUWA et al., 2000) que empregam tanto categorias segmentares como codificadas das ações cognitivas. O pré-processamento dos dados dos protocolos envolve três etapas: a transcrição, a segmentação e a codificação.

O método de análise de protocolos utilizado nesta presente tese emprega um sistema de **reportagem retrospectiva**, um esquema de **segmentação** e um esquema de **códigos**, baseado em uma sistematização geral bastante usada por vários pesquisadores (SUWA et al., 1998; SUWA e TVERSKY, 1997), mas com algumas adaptações ao nosso caso específico.

A forma inicial do esquema de codificação usado neste estudo foi criada por SUWA e TVERSKY (1997) e revisado por SUWA et al. (1998a). O presente estudo necessitou de algumas adaptações em relação às análises mencionadas acima devido à transição de mídia que tem que ser considerada separadamente. Como nossa principal preocupação é desenvolver um estudo relacional entre as mídias, seria razoável utilizar a sistemática geral de SUWA et al. (1998a), que basicamente dividia as ações cognitivas em físicas, perceptivas, funcionais e conceituais, fazendo uma revisão no esquema das subcategorias a fim de ajustá-lo à nossa análise. Ao mesmo tempo, o processo projetual na pesquisa empírica deveria ser o mais próximo possível ao processo de resolução de problemas de modo a tornar mais fácil a observação dos conteúdos das ações dos projetistas.

A introdução de dois pequenos projetos de edificações de grau de dificuldade semelhante (tarefas isomórficas), feita no nosso presente estudo, tornou a inspeção das sessões projetuais mais sistemática, já que o processo de resolução dos dois problemas poderia ser decomposto em metas (em termos das intenções dos projetistas).

Nos estudos de SUWA e TVERSKY (1997) e SUWA et al. (1998a) cada movimento projetual (que é o menor componente) foi definido como sendo um segmento. Neste presente estudo, delineamos um esquema de segmentação considerando que o sujeito resolve um

problema em termos de hierarquias de submetas, portanto, a definição de segmento está relacionada aos objetivos/intenções dos projetistas, de modo similar a NEWELL e SIMON (1972) que introduziram os episódios de resolução de problemas.

A análise da tarefa foi realizada no espaço do problema a partir da observação dos protocolos de ações dos projetistas, os quais formavam algumas categorias mais óbvias que usamos para segmentar os protocolos brutos. Em seguida, para cada segmento, as ações cognitivas dos projetistas eram codificadas em quatro categorias de ação. O esquema de códigos baseou-se em um modelo psicológico no qual as quatro categorias do esquema correspondem aos níveis em que a informação recebida é processada cognitivamente (GOEL, 1995). Portanto, o presente estudo aplica um procedimento de análise com um **esquema de códigos baseado no conteúdo** e um **método de segmentação baseado no processo**, o qual nos pareceu mais apropriado ao nosso trabalho.

Como o presente estudo objetivava analisar os protocolos projetuais de 18 participantes, cada um com duas sessões projetuais sucessivas em mídia diferentes, a segmentação e a codificação das ações cognitivas foram manipuladas, como era esperado, em um excelente nível de detalhamento. Assim, um segmento neste estudo poderia ser composto de vários movimentos projetuais e, mais adiante, o início e o fim de um segmento novo poderia ser identificado dependendo do sistema de categorias segmentares (vide a Tabela 4.1). Embora os segmentos típicos no presente estudo pareçam maiores para analisarem-se as características cognitivas do pensamento, eles permitem a interpretação do comportamento projetual em termos de metas e estratégias de resolução de problemas.

4.3.3.1. Categorias de Segmentação

Um dos modos para se realizar uma segmentação é o de dividir os protocolos baseados em eventos de verbalização como pausas e entonações bem como marcadores sintáticos para frases completas e sentenças (ERICSSON e SIMON, 1993). Pausas ou marcadores sintáticos sinalizam o começo de um novo segmento. Outro modo é o de dividir os protocolos baseados na intenção do sujeito (GERO E MCNEILL, 1998; GOLDSCHMIDT, 1991; SUWA e TVERSKY 1997; VAN SOMEREN et al., 1994). Por exemplo, GOLDSCHMIDT (1991) definiu como segmento, o que ela chamou de um *‘movimento de projeto’*, como *“um ato de raciocínio que apresenta uma proposição coerente que pertence a uma entidade que está sendo projetada”* (p. 37). Uma mudança na intenção do sujeito ou do conteúdo de seus pensamentos ou de suas ações sinaliza o começo de um segmento novo. Por conseguinte, um único segmento pode ser constituído de uma ou muitas orações. Visto que o problema projetual é um processo guiado por metas, acreditamos ser razoável dividir o processo

projetual em unidades de acordo com as metas específicas que a maioria dos projetistas apresentaram em comum no desenvolvimento das duas tarefas que lhes foram determinadas. Assim, portanto, tomamos esta última abordagem.

Tabela 4.1 - **Categorias de Segmentação**

A. Define/cria um espaço, um volume, uma estrutura ou uma área	1. Mencionando apenas o espaço (gesto, círculo, retângulo, linha) ou desenhando um espaço, volume, estrutura, coberta ou uma área.
	2. Colocando coisas/objetos dentro dos espaços através do desenho ou menção dos elementos espaciais (portas, janelas, septos, paredes, pilares, piso etc.); dos móveis (mesa, sofá, balcões, bancadas, acessórios etc.) ou dos equipamentos (lavatório, chuveiro, bacia etc.).
	3. A combinação de 1 e 2.
	4. Preocupando-se ou resolvendo o dimensionamento dos espaços ou elementos.
	5. A combinação de 1 e 4.
	6. Comentando sobre um elemento ou conceito.
B. Revisita um espaço a fim de detalhá-lo	1. Adicionando elementos espaciais (janelas, portas, pilares, septos etc.) e/ou mobília/acessórios, equipamentos, piso.
	2. Definindo ou comentando sobre materiais, acabamentos ou revestimentos.
	3. A combinação de 1 e 2.
C. Redefine uma idéia ou um espaço	1. Transformação de uma idéia ou de um espaço (escala/translação/rotação/mudança na Geometria/combinação/proporção/ortogonalidade).
	2. Mudança na organização da mobília ou dos equipamentos de acordo com princípios geométricos (adjacência/simetria/reflexão/ortogonalidade) ou de requerimentos funcionais ou plástico-volumétricos.
	3. A combinação de 1 e 2.
D. Definição das relações espaciais	1. Associando relações globais (espaço privado X espaço público entorno).
	2. Associando relações locais entre os espaços internos (dividindo os espaços; definindo acessos, circulações, coberta; colocando uma porta, abertura, parede; definindo simetria ou assimetria, proximidade ou afastamento entre os espaços).
	3. A combinação de 1 e 2.
E. Redefinição das relações espaciais	1. Redefinição das relações globais.
	2. Redefinição das relações locais através da mudança de locação de um espaço ou da mudança de locação de portas ou da reorganização de coisas/objetos dentro ou entre os espaços.
	3. A combinação de 1 e 2.
F. Reprodução do projeto	1. Copiar o projeto desenhando ao lado ou em um novo papel.
G. Perspectiva do objeto arquitetônico	1. Representando o espaço interno ou externo em perspectiva ou olhando para a perspectiva representada.

Após cada sessão de projeto e protocolo, um modelo simples do processo projetual de cada sessão foi documentado, anotando-se as metas alcançadas. As categorias surgiram após a análise dos protocolos visuais e verbais dos sujeitos estudados. Os rascunhos dos dados documentados ajudaram-nos a formar cinco categorias baseadas nas metas e intenções mais comuns dos sujeitos (vide Tabela 4.1). A **categoria A: define/cria um espaço, um volume, uma estrutura ou uma área** inclui qualquer ato que faça menção de um espaço com um gesto do lápis; claramente desenhando um espaço, volume, estrutura, coberta ou uma área; definindo os limites visíveis de um espaço; apenas colocando coisas/objetos naquele espaço intencional; fazendo um comentário sobre um elemento ou conceito; preocupando-se ou resolvendo o dimensionamento dos espaços ou elementos ou a combinação das intenções prévias. A **categoria B** foi definida como o ato de **revisitar um espaço** com vários propósitos tais como os de adicionar elementos espaciais, mobília, equipamentos, piso ou estabelecer relações entre eles; ou definir ou comentar sobre materiais, acabamentos ou revestimentos. A **categoria C** seria a **redefinição de uma idéia ou de um espaço** que ou poderia acontecer por transformação geométrica de um espaço ou mudando a organização de elementos/coisas/objetos que o constituem ou o conectam de modo que o espaço seja redefinido. A **categoria D** incluiu a **associação das relações locais e globais no problema projetual** enquanto que a **Categoria E** incluiu a **redefinição dessas relações globais ou locais**. Nós também avaliamos dois estados da atividade projetual nas categorias de segmentação que eram a **reprodução do projeto (segmento tipo F)** e a **perspectiva do objeto arquitetônico (segmento tipo G)**.

A segmentação neste estudo empregou segmentos que refletiram as intenções dos projetistas em termos de suas metas e submetas nos dois problemas projetuais específicos. As duas sessões de cada projetista tiveram números diferentes de segmentos, dependendo de variáveis tais como o modo do projetista resolver problemas, o procedimento de tomada de decisões, a mídia e assim por diante. Com isto, não queremos afirmar que estas categorias cubram todas as possíveis metas e ações do projetista no processo de resolução de problemas da projeção; mas, que é possível decompor todas as sessões projetuais nesta experiência em termos destas categorias. As categorias foram classificadas analisando-se os protocolos verbais e assistindo-se aos vídeos várias vezes. Quando o projetista muda sua estratégia ou sua intenção, isto sinaliza o começo de um novo segmento. Algumas vezes esta mudança pode não ocorrer de modo muito claro; mas, com o auxílio visual das fitas de vídeo podemos esclarecer tais dúvidas. Deste modo, auxiliados pelos protocolos verbais e pelos protocolos visuais (fitas de vídeo) podemos observar a mudança de intenção do sujeito, determinando assim, tanto o começo e o fim quanto o tipo do segmento.

4.3.3.2. Categorias de Ações Cognitivas

Os estudos de FINKE (1992) e KOSSLYN (1994) apresentaram evidências da coexistência de diferentes tipos de ações cognitivas durante o processo criativo, estas ações operam de modo conjunto e com frequências variadas. Durante o processo de concepção, diferentes áreas do cérebro são ativadas, envolvendo sistemas diferentes (visual, espacial, verbal, semântica).

Portanto, cada segmento de protocolo compreende vários tipos de ações cognitivas. Em nossa tese, estas ações foram classificadas em quatro categorias: física, perceptiva, funcional e conceitual segundo a classificação feita por SUWA et al. (1998a). Estas quatro categorias corresponderam aos níveis nos quais a informação recebida parece ser processada pela cognição humana (SUWA et al., 1998a).

Há na literatura sobre ciência cognitiva uma visão mais tradicional, embora já bastante superada, que afirma que o processo cognitivo humano processa primeiro a informação que chega sensorialmente, depois perceptivamente e semanticamente. Em outras palavras, que nós processamos as informações primeiramente a partir de nossos sentidos, em seguida percebemos estas impressões colhidas pelos sentidos e só depois atribuímos funções e conceitos. Portanto, as ações físicas correspondem ao nível sensorio, as ações perceptivas ao perceptivo e tanto as ações funcionais quanto as conceituais pertencem ao nível semântico.

Teorias mais modernas (DAMÁSIO, 2003) contradizem a teoria acima, afirmando que a atividade cognitiva se dá de modo bem mais complexo, na verdade, as ações cognitivas físicas, perceptivas, funcionais e conceituais são dependentes entre si e podem ocorrer de modo concomitante, pois os sistemas efetores e receptores funcionam ao mesmo tempo. Por exemplo, suponhamos que um arquiteto mencione a forma de um elemento previamente desenhado. A atenção em relação à forma é uma prova de ação perceptiva e é dependente da ação física de prestar atenção ao elemento.

DAMÁSIO (2003) afirma que:

“...é possível que a enorme complexidade dos fenômenos de nível mental permita uma integração mais eficaz de informação sensorial, por exemplo, visual e auditiva, ou visual, auditiva e tátil. O nível mental permitiria também a integração de imagens provenientes da percepção actual com imagens provenientes da memória. Tais integrações permitiriam a abundante manipulação de imagens que é indispensável para a solução de problemas novos e para a criatividade em geral” (p. 233).

No entanto, para efeito de sistematização e de análise dividiremos as ações cognitivas dos sujeitos em: físicas, perceptivas, funcionais e conceituais, observando que as mesmas aparecem de modo concomitante em um mesmo segmento.

Estas categorias de ação são as mesmas usadas por SUWA e TVERSKY (1997) e por SUWA et al. (1998a). No entanto, as subcategorias codificadas foram revisadas e adaptadas, a fim de propor um critério compreensivo para a comparação da atividade projetual na mídia digital com a mídia tradicional (vide Tabela 4.2). Portanto, algumas subcategorias de ações cognitivas, consideradas relevantes, foram acrescentadas e as que não foram consideradas importantes ao nosso objetivo foram eliminadas. Criamos uma identidade e uma descrição própria para cada subcategoria após a análise detalhada dos dados levantados.

As quatro principais categorias codificadas incluíram subcategorias. As **Ações Físicas** foram divididas em quatro subcategorias denominadas, **Desenhar**, **Modificar** e **Copiar**. Coletamos momentos de ações físicas, procurando provas nas fitas de vídeo dos sujeitos e/ou interpretando os conteúdos dos protocolos verbais dos mesmos.

A categoria de **Ações Perceptivas** foi dividida em três subcategorias, denominadas como **Observar características**, **Relacionar** e **Descobrir espaços implícitos**. Como descrito em SUWA et al. (1998a), a subcategoria **Observar características** refere-se a atributos visuais e espaciais de elementos representados tais como a forma, o tamanho ou a textura. A subcategoria **Relacionar** define relações espaciais e organizacionais entre elementos, objetos/coisas tais como proximidade, alinhamento e distância. A última subcategoria, **Descobrir espaços implícitos**, está relacionada a uma única ação que é a de descobrir um espaço que tenha surgido sem ter sido previamente pensado.

A categoria **Funcional** foi dividida em duas subcategorias denominadas de **Implementar Funções** e **Pensar em Funções**. **Implementar Funções** refere-se às funções relacionadas à implementação de critérios funcionais que o projetista reúne em suas estratégias. **Pensar em Funções** está relacionado às funções que o projetista pensa durante o processo projetual.

Finalmente, a categoria de **Ações Conceituais** apresenta ações de **Determinar Metas**, **Relembrar Conhecimentos** e **Avaliar Preferências**.

O detalhamento das Categorias de Ações pode ser visto na Tabela 4.2 a seguir.

Tabela 4.2 - Categorias de Ações Cognitivas

Ação	Subcategoria	Identidade Da Ação	Descrição
Física	Desenhar	Fdn	Fazendo novas representações (desenhando linhas, retângulos, paredes, espaços, objetos, mobília, acessórios etc.)
		Fds	Desenhando um símbolo que representa uma relação (apenas para o esboço a lápis).
	Modificar	Fmr	Revisando a forma, tamanho ou textura de um desenho. Esta refere-se a esticar linhas ou áreas, editar formas, cores ou texturas.
		Fmd	Apagando um desenho/ 'deletando' uma parede ou um objeto.
		Fmm	Movendo um desenho/objeto. Rotacionando um objeto (apenas no ambiente CAD).
	Copiar	Fco	Copiando um desenho ao lado ou em um novo papel.
Perceptiva	Observar características	Pcn	Observando as características de um novo desenho (forma, ângulo, tamanho, textura).
		Pc3d	Observando a característica de uma vista em 3D (imaginária ou representada).
	Relacionar	Prc	Criando, atendendo, observando ou descobrindo uma relação (espacial, geométrico ou organizacional) entre dois ou mais objetos ou dois ou mais espaços.
		Prlo	Observando a locação de um objeto (ou escala humana) em um espaço componente (alinhamento, distribuição ou definição geométrica).
		Prle	Observando a locação de um espaço em relação ao objeto arquitetônico ou em relação ao entorno
	Descobrir espaços implícitos	Pie	Descobrindo um espaço implícito, que surgiu como pano de fundo existente entre os elementos representados, sem ser previamente pensado.
Funcional	Implementar funções	Fip	Associando uma nova representação, característica ou relação com uma função específica que foi previamente pensada ou recentemente descoberta.
	Pensar em funções	Fp	Pensando em uma função independentemente de sua representação.
Conceitual	Determinar metas	Cdm	Determinando metas. Introduzindo novas funções, resolvendo conflitos e metas problemáticos, a fim de aplicar funções ou arrumações.
	Relembrar conhecimento	Crc	Relembrando conhecimento.
	Avaliar preferências	Cap	Fazendo críticas ou avaliações preferenciais e estéticas (gosta - não gosta; bom - mal; bonito - feio).

4.4. Etapas Metodológicas

4.4.1. Revisão Bibliográfica

Esta etapa baseou-se, principalmente, em dados secundários. Para realizar a revisão bibliográfica e dos documentos, foi conduzida uma análise crítica dos materiais bibliográficos sobre: (1) as formas de representação arquitetônica e as mídias utilizadas; (2) o processo de cognição humano no que diz respeito à concepção arquitetônica e, finalmente, (3) as metodologias de projeto arquitetônico, antes e depois do advento do computador, analisando a repercussão do uso do mesmo sobre estas metodologias.

4.4.2. Estudo Piloto

Após a revisão de literatura, iniciamos o Estudo Piloto. Nesta etapa, foram coletados dados primários para complementar a revisão da literatura. Foi realizada a sondagem inicial do problema a ser examinado. Todas as atividades abaixo listadas foram realizadas em relação aos 12 (doze) estudantes de Arquitetura e aos 3 (três) Arquitetos que se apresentaram como voluntários para compor os casos de estudo.

O objetivo do Estudo Piloto foi o de testar a metodologia de investigação e melhor definir o Modelo Final de Análise. No Estudo Piloto foram utilizados os seguintes instrumentos de investigação:

- (1) Questionários para o levantamento de dados de identificação dos sujeitos;
- (2) Observações livres com filmagem;
- (3) Aplicação de 03 (três) tarefas isomórficas (03 ambientações);
- (4) Construção de mapas de processos de concepção de projeto;
- (5) Aplicação de entrevistas semi-estruturadas.

4.4.3. Modelo Final de Análise

A partir dos resultados encontrados no Estudo Piloto e de uma análise crítica sobre os problemas identificados no mesmo, bem como subsidiados pela Revisão Bibliográfica, reestruturamos o Estudo Piloto a fim de gerar nosso Modelo Final de Análise.

As tarefas de projeto do experimento foram elaboradas a fim de satisfazer determinados requerimentos. Estas deveriam ser suficientemente complexas a fim de permitir o surgimento do máximo de variáveis cognitivas do processo projetual, possibilitando uma análise posterior aprofundada e, ao mesmo tempo, as tarefas deveriam ser suficientemente concisas a fim de serem facilmente compreendidas pelos sujeitos em um curto espaço de

tempo e não tornarem-se cansativas aos mesmos. Poderíamos ter usado uma tarefa projetual abstrata, como os ‘blocos de montar’ usados no experimento de LAWSON (1972) tornando a tarefa mais acessível à análise empírica. No entanto, acreditamos que a projeção de um ambiente construído, ou seja, um problema projetual real, iria permitir uma penetração mais profunda na percepção dos problemas projetuais e intenções dos projetistas. Com este objetivo, acreditamos que tanto a tarefa projetual usada por EASTMAN (1970) - a reforma de um banheiro - quanto as utilizadas em nosso Estudo Piloto - ambientações de espaços isolados - eram tarefas pouco complexas. Portanto, substituímos as mesmas por projetos de pequenas dimensões (ver figuras 4.1 e 4.2 – p. 145), por acreditarmos que deste modo, estaríamos envolvendo, em nosso trabalho, um número maior de variáveis cognitivas do processo projetual.

Também, eliminamos a tarefa que havia no Estudo Piloto em que o sujeito poderia escolher entre as mídias, já que esta além de não acrescentar dados, tornou-se um elemento de confusão na hora da análise. Passamos, então, a trabalhar apenas com duas tarefas isomórficas. Tomando por base as respostas dadas nas Entrevistas Semi-abertas do Estudo Piloto, definimos um Questionário Fechado (ver instrumento Q1 – p. 152-155). Acreditamos que, embora a Entrevista produza um material rico, o Questionário permite a comparação entre as respostas, a busca por invariantes e facilita o uso da análise estatística. Continuamos com a filmagem, porém, ao invés de filmarmos todos os sujeitos conjuntamente (como no Estudo Piloto), passamos a trabalhar com seções individuais com cada sujeito com a câmera focada na tela do computador (na tarefa com CAD) e no papel (na tarefa a lápis). Se trabalhássemos em sessões conjuntas (com vários sujeitos ao mesmo tempo) tornar-se-ia impossível captar ou mesmo aproximar-se satisfatoriamente de toda a complexidade das abordagens de cada um dos sujeitos. Acrescentamos as descrições do processo projetual de cada sujeito (pensando em voz alta), após o término da tarefa, gravadas em fita cassete. Assim, procuramos minimizar as falhas encontradas no Estudo Piloto. Acreditamos que a realização do Estudo Piloto foi uma etapa fundamental na elaboração de nosso Modelo Final de Análise.

O nosso Modelo Final de Análise estruturou-se usando os seguintes instrumentos de investigação abaixo:

- (1) Aplicação de duas tarefas isomórficas (ver figuras 4.1 e 4.2 – p. 145) filmadas em fita de vídeo seguidas pelas descrições (pensando em voz alta) do desenvolvimento de cada tarefa gravada em fita cassete e do esboço do modelo mental de cada tarefa;
- (2) Aplicação de um Questionário (ver instrumento Q1 – p. 152-155).

A escolha dos instrumentos de análise tem por pressuposto que tais atividades nos conduziram aos nossos objetivos que buscamos:

- Identificar e analisar os processos cognitivos dos sujeitos durante a concepção de um projeto arquitetônico usando diferentes mídias (lápis e papel X computador);
- Identificar comportamentos e correlações entre as metodologias adotadas para resolver problemas de projeto usando mídias distintas (lápis e papel X computador);
- Identificar e analisar os modelos mentais que os estudantes e os Arquitetos têm do processo projetual arquitetônico, durante a fase de concepção, quando usando as ferramentas diferentes mencionadas;
- Relacionar o modelo mental individual de cada um dos sujeitos, procurando por invariantes no grupo;
- Verificar em que extensão o uso de computadores na fase inicial de concepção de projeto modifica o pensamento projetual;
- Mapear as estruturas e estratégias usadas pelos sujeitos para adaptar-se ao uso da computação gráfica como ferramenta de concepção de projeto, como tais estratégias surgiram, o que foi modificado nas metodologias de projeto e quais são as limitações e/ou benefícios gerados devido ao uso de computadores nesta fase;
- Elaborar um quadro relacional que nos permita pensar sobre o processo de concepção de um objeto arquitetônico antes e depois da introdução do computador como instrumento mediador.

A fim de atingir estes objetivos, selecionamos os instrumentos de análise já citados acima considerando que:

(a) O Questionário é um instrumento simples, fácil, rápido e eficiente de agregar grandes quantidades de informações e é muito útil no uso de métodos estatísticos (MARSH, 1982);

(b) As Tarefas Isomórficas serão usadas, uma vez que, apesar de serem diferentes, podem ser consideradas como equivalentes, contribuindo, deste modo, para se evitar vieses na pesquisa (como o aprendizado, que existiria no caso de se usar a mesma tarefa). Nesta pesquisa, as tarefas tiveram: áreas, número de elementos e caráter social iguais, apresentando assim, o mesmo grau de dificuldade;

(c) A construção de Mapas de Processo de Concepção de Projeto (modelos mentais dos mesmos) baseia-se na Teoria dos Modelos Mentais (apresentada anteriormente nesta tese de modo mais detalhado no item 2.7 do capítulo 2). Apenas para relembrarmos, de modo sintético, podemos afirmar que a Teoria dos Modelos Mentais é coerente com as teorias que

postulam a existência de representações internas nos processos do pensamento. Esta simplesmente procura explicar os fatos empíricos e observáveis, nos quais os seres humanos, apesar de capazes de gerar uma conclusão lógica, freqüentemente apresentam respostas e decisões que não podem ser explicadas diretamente através do raciocínio lógico. Esta evidencia a dimensão figurativa do raciocínio. Os modelos mentais são formados por todos os indivíduos para ajudá-los a compreender, explicar e prever o mundo complexo de uma maneira simplificada. Estes são representações psicológicas geradas em nossas mentes de situações reais ou imaginárias utilizadas para se compreender fenômenos específicos. Os Modelos Mentais também têm o propósito de simplificar a compreensão e o aprendizado através da representação e organização do conhecimento.

A construção de Mapas de Processo de Concepção de Projeto também baseia-se na Técnica dos Mapas Conceituais de NOVAK (1977). Mapas Conceituais são representações gráficas, semelhantes a diagramas, que indicam relações entre conceitos, conectados por palavras-chave. Tais mapas representam uma estrutura que parte de conceitos globais e busca detalhes dos mesmos. O recurso esquemático dos mapas conceituais representa um grupo de conceitos relacionados em uma estrutura propositiva hierárquica e eles são usados para explicitar as relações entre os conceitos de um conteúdo. Em nosso caso, em vez de pedir que os sujeitos construam Mapas Conceituais, pediremos que eles construam Mapas de Processos de Concepção de Projeto, formados por elementos e relações, de modo a analisar e comparar os Modelos Mentais individuais dos sujeitos pesquisados. A fim de facilitar a compreensão dos sujeitos, foram apresentados, como exemplo, alguns mapas que representam nossos próprios Modelos Mentais de alguns processos (por exemplo, a fotossíntese) contendo os elementos e relações que constituem este processo (ver figuras 4.5, 4.6 e 4.7 – p. 150 - 151). Também, por não termos encontrado, na revisão de literatura, descrições de técnicas específicas para orientar os sujeitos na atividade do esboço dos Modelos Mentais, usaremos algumas técnicas descritas por BUZAN (1995) no livro ‘The Mind Map Book’, fazendo adaptações, de modo a dar algumas direções aos sujeitos para esboçar seus modelos mentais. As diretrizes são as seguintes:

1. Pegue um papel em branco, tamanho A4;
2. Selecione o tópico, problema ou assunto;
3. Tente capturar todas as idéias ordenadoras básicas;
4. Selecione apenas as palavras-chave e use letras maiúsculas para representá-las;
5. Use imagens, símbolos, códigos e dimensões sempre que possível;
6. Use formas, círculos e limites para conectar informações;

7. Use linhas diferentes, setas, ramificações, ícones ou qualquer outro elemento visual que ajude a exibir, destacar e conectar idéias distintas;

8. Desenhe rapidamente sem pausas, julgamento ou edição e sem se segurar;

9. Permita que seus pensamentos fluam livremente, coloque as idéias no papel à medida que as ligações e associações ocorram a você.

A aplicação das condições acima descritas neste item implica que o grupo alvo será constituído por um grupo eclético de estudantes de Arquitetura e Arquitetos, brasileiros e estrangeiros, da Universidade Federal de Pernambuco e da Universidade de Sheffield, com tempos de formação distintos e, portanto, com várias metodologias pedagógicas distintas. Assim, acreditamos que será possível identificar se e como culturas diferentes produzirão diferenças relevantes ou não. É importante salientar que, por questões de ordem prática, o Estudo Piloto foi realizado apenas com sujeitos brasileiros.

4.4.3.1. O Experimento

O grupo de análise constituiu-se no total por 18 (dezoito) participantes (sendo onze do sexo masculino e sete do sexo feminino). Da Universidade de Sheffield, fizeram parte 2 (dois) estudantes da graduação do curso de Arquitetura, 6 (seis) arquitetos e estudantes da pós-graduação e 1 (um) professor. Da UFPE, fizeram parte do grupo 2 (dois) estudantes de graduação do curso de Arquitetura, 6 (seis) arquitetos e estudantes da pós-graduação e 1 (um) professor. Não houve um processo seletivo, os participantes foram voluntários que, após carta convite a todos os membros destas Universidades, prontificaram-se a participar da pesquisa.

O experimento, tanto no Brasil quanto na Inglaterra, foi administrado individualmente com cada sujeito, em um laboratório, com um computador e uma mesa para desenho. Uma câmera de vídeo registrou todo o procedimento. A câmera objetivava gravar o processo do desenho na tela do computador ou no papel.

Tentamos utilizar um *software* que filmava a tela do computador (o CAMTASIA); mas, este sobrecarregava a máquina, tornando o *mouse* mais lento e assim, conseqüentemente, influenciando os resultados, portanto o uso deste *software* foi descartado.

Já que o objetivo da pesquisa não era nem a comparação e nem o julgamento de *softwares* distintos, todos tiveram a liberdade de escolher o *software* com o qual já estavam familiarizados e possuíam maior habilidade e com o qual gostariam de trabalhar.

A primeira fase se consistiu de duas sessões projetuais sucessivas. Os dezoito voluntários foram divididos aleatoriamente em dois grupos de nove. Em busca de uma representação simplificada, nos referiremos à mídia tradicional por LÁPIS e à mídia digital por CAD. Os sujeitos pertencentes ao Grupo I desenvolveram o projeto 1 usando somente

LÁPIS e o projeto 2 usando somente CAD. Os sujeitos pertencentes ao Grupo II desenvolveram o projeto 1 usando somente CAD e o projeto 2 usando somente LÁPIS (vide a Tabela 4.3 a seguir).

4.4.3.2. As Etapas do Experimento

Etapas 1: Os estudantes e arquitetos foram divididos em 2 grupos, a fim de evitar o viés de ordem, desde que cada grupo desenvolveu uma tarefa utilizando lápis e papel e a outra usando o computador em uma ordem diferente (vide a Tabela 4.3 – p. 146).

Etapas 2: Foi feita uma apresentação sintética do trabalho através de cinco slides no PowerPoint, contendo os objetivos do trabalho e uma breve explicação da metodologia empregada. Tal apresentação é reproduzida abaixo antes da apresentação das outras etapas:

Apresentação feita para os sujeitos no início do experimento:



OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

- * O principal objetivo desta pesquisa é o de investigar as **implicações** geradas pelo uso da **computação gráfica** na **concepção** de um **projeto de Arquitetura**, especificamente o modo como a utilização da computação gráfica vem modificando o **pensamento projetual** e a **interação** entre o **arquiteto** e a **proposta/problema projetual** segundo uma abordagem **cognitiva** desta interação (usando **modelos mentais** e **análise de protocolos**).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- * Analisar e comparar os **métodos** de **construção** e **representação** do **conhecimento** na **projeção** do **espaço arquitetônico**, assessorado por **computador**, com aqueles que utilizam os **instrumentos tradicionais de desenho**;
- * Analisar a **influência** das novas tecnologias de **computação gráfica** nos **processos cognitivos** que interferem no **processo de concepção** de um **projeto arquitetônico**.



2

PROBLEMA DE PESQUISA

- * De que modo a **computação gráfica** tem afetado os **processos cognitivos** responsáveis pela **concepção** de um **projeto arquitetônico**?



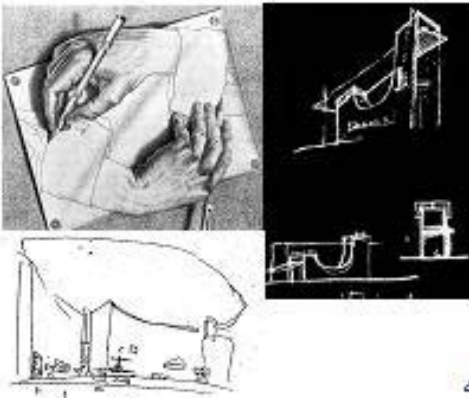
3

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Revisão Bibliográfica
Modelo Final de Análise

1. Aplicação de duas tarefas isomórficas gravadas em fita de vídeo;
2. Descrição do desenvolvimento de cada tarefa gravada em fita cassete, suportada pela visualização simultânea da fita de vídeo do respectivo sujeito;
3. Esboço do Modelo Mental de cada tarefa;
4. Questionário;
5. Análise dos questionários, dos esboços das tarefas isomórficas de projeto, dos mapas de processo de concepção (modelos mentais), das fitas de vídeo, das fitas cassetes, e das anotações feitas durante as observações livres usando-se a metodologia de Análise de Protocolos, bem como comparação entre os resultados das duas tarefas por três juízes usando uma Escala de Likert;
6. Análise estatística dos dados através do software SPSS (Statistical Package for Social Science).

	1o Grupo de Sujeitos	2o Grupo de Sujeitos
Bangalô do Hotel de Praia	Lápis e papel	Sistema CAD
Centro de Informação Turística	Sistema CAD	Lápis e papel



4

OBJETIVOS DO MODELO DE ANÁLISE

- ★ Identificar **comportamentos e conexões** entre as **metodologias** adotadas para resolver **problemas de projeto** usando mídias distintas (**lápis e papel X computador**);
- ★ Identificar os **processos cognitivos** dos sujeitos durante as **fases iniciais de concepção da ideia**;
- ★ Identificar e analisar os **modelos mentais** que os estudantes e os Arquitetos têm do **processo projetual arquitetónico**, durante a **fase de concepção**, quando usando **ferramentas diferentes**;
- ★ Relacionar o **modelo mental individual**, de cada um dos sujeitos, procurando por **invariantes**;
- ★ Verificar em que extensão o uso de **computadores** na fase inicial de **concepção de projeto** modifica o **pensamento projetual**;
- ★ Mapear as **estruturas e estratégias** usadas pelos sujeitos para adaptar-se ao uso da **computação gráfica** como ferramenta de projeto, como tais estratégias surgiram, o que foi modificado nas **metodologias de projeto** e quais são as **limitações e/ou benefícios** gerados devido ao uso de **computadores**;
- ★ Elaborar um **quadro comparativo** que nos permita pensar sobre o **processo de concepção** de um **objeto arquitetónico** antes e depois da introdução do **computador** como instrumento mediador.

5

Etapa 3: Cada grupo concebeu dois projetos. Estes projetos podem ser considerados como tarefas isomórficas por apresentarem um grau de dificuldade semelhante. Os projetos são: um Bangalô de um Hotel de Praia e um Centro de Informação Turística. As características dos dois projetos encontram-se descritas a seguir (vide Figuras 4.1 e 4.2).

Figura 4.1: Instrumento T1 - Tarefa 1: Bangalô de Praia

Local: expansão para um hotel de praia tropical existente;
Público alvo: casais em lua-de-mel;
Programa mínimo: 01 quarto; 01 BWC; 01 sala de estar; 01 copa (estilo americano);
Área máxima = 40m².

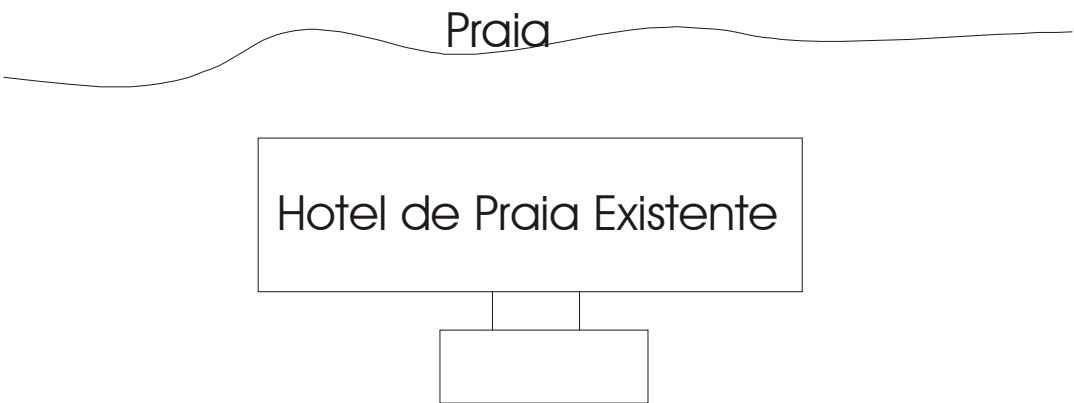


Figura 4.2: Instrumento T2 - Tarefa 2: Centro de Informação Turística

Local: Centro de uma pequena cidade histórica;
Público alvo: visitantes de todas as idades e nacionalidades;
Programa mínimo: 01 área principal de exposição; 01 administração; 01 copa; 01 WC;
Área máxima = 400m².



Não utilizamos o mesmo projeto nas duas seções já que estaríamos lidando com uma nova variável - o aprendizado - inviabilizando a comparação apenas das mídias. Não foi pedido aos participantes que informassem o que estavam pensando de modo concorrente; assim, eles não foram interrompidos pelo experimentador. Ao invés disto, as duas sessões projetuais foram filmadas.

Etapa 4: O Grupo I desenvolveu o primeiro projeto usando apenas lápis e papel e o segundo projeto usando só o computador; enquanto o Grupo II desenvolveu o primeiro projeto usando apenas o computador e o segundo projeto usando só lápis e papel (ver Tabela 4.3 abaixo). As tarefas foram filmadas para subsidiar a posterior Análise dos Protocolos.

Tabela 4.3 - **Ordem e Mídias das Tarefas**

	Grupo I (09 sujeitos)	Grupo II (09 sujeitos)
1. Bangalô do Hotel de Praia	Lápis e papel	CAD
2. Centro de Informação Turística	CAD	Lápis e papel

Foi pedido aos participantes que levassem o tempo que considerasse necessário embora tentassem não ultrapassar uma hora em cada sessão projetual. No entanto, não interrompemos nenhum participante que tenha sentido a necessidade de um tempo maior que uma hora, já que o tempo também foi uma variável analisada.

As Figuras 4.3 e 4.4 mostram exemplos de resultados das tarefas desenvolvidas no Lápis e no CAD por um sujeito brasileiro SB17.

Figura 4.3 – A tarefa de um sujeito brasileiro SB17 desenvolvida a Lápis

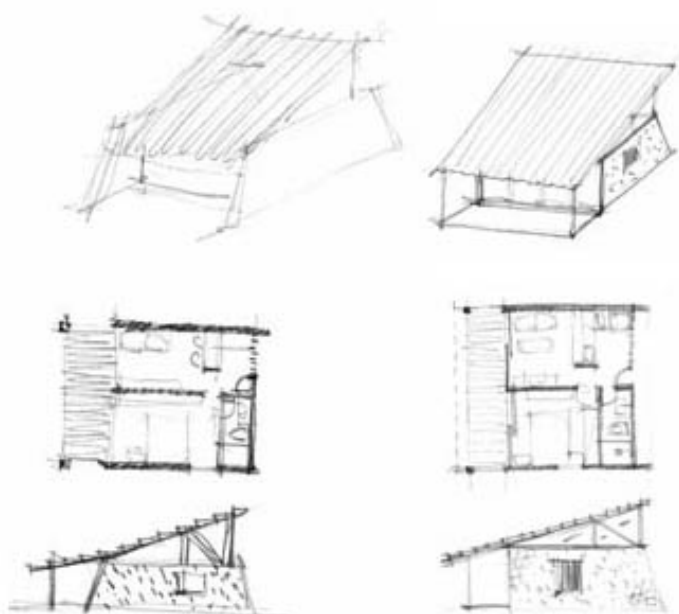
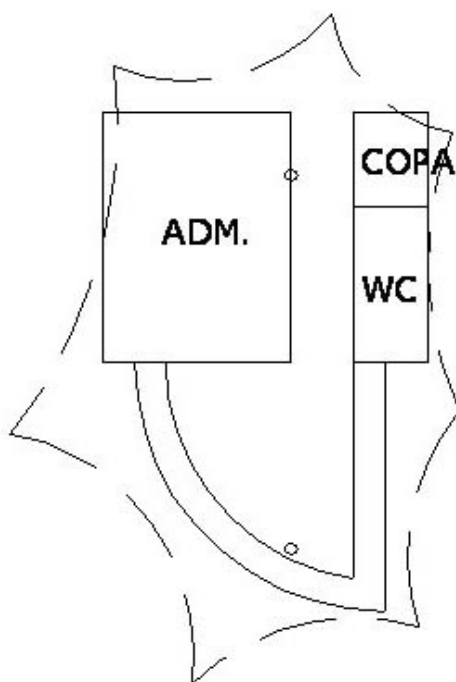


Figura 4.4 – A tarefa do mesmo sujeito brasileiro SB17 desenvolvida no computador



Etapa 5: Assim que concluíam cada uma das seções projetuais, era pedido aos sujeitos, de ambos os grupos, que *‘pensassem em voz alta’* recordando e descrevendo o que estavam pensando quando estavam desenvolvendo cada porção do esboço, passo a passo, preferencialmente em seqüência, à medida que os pensamentos fossem aparecendo, apoiados pela visualização simultânea da fita de vídeo dos mesmos. Era pedido que descrevessem tudo o que pensaram a partir do momento em que primeiramente viram o problema projetual até a definição da solução. Era enfatizado que eles não deveriam planejar o que dizer ou tentar explicar o que estavam falando. Essas descrições foram gravadas em fita cassete. A Tabela 4.4 mostra um trecho do protocolo verbal do mesmo sujeito dado como exemplo acima (SB17) em uma sessão LÁPIS-1 já apresentando a segmentação e as respectivas categorias de ações cognitivas e a Tabela 4.5 mostra um trecho do protocolo verbal também do mesmo sujeito dado como exemplo acima (SB17) em uma sessão CAD-2 já apresentando a segmentação e as respectivas categorias de ações cognitivas.

Tabela 4.4 – **Exemplo de um trecho do protocolo verbal segmentado e categorizado do sujeito dado como exemplo acima (SB17) na tarefa de esboçar um bangalô a lápis.**

(Segmento 1: Tipo D1) “Quando eu me lembro do problema que foi passado, que era a história de um bangalô numa praia, supõe-se já que ele vai estar voltado pra praia, ter a melhor ventilação, melhor orientação, pelo clima da gente, que a gente tem, assim, tem que ter um terraço, assim um beiral mais largo, uma coisa desse tipo”.

SEGMENTO 1 – Tipo D1: Associando relações globais (espaço privado x entorno)

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
				p1	Pensou no entorno	Cdm1	Bangalô voltado p/praias
				p2	Pensou na ventilação	Cdm2	Ter a melhor ventilação
				p3	Pensou na orientação	Cdm3	Ter a melhor orientação
				p4	Pensou no clima	Cdm4	Tem q/ter um terraço
				p5	Pensou na cobertura	Cdm5	Ter um beiral mais largo

(Segmento 2: Tipo A5) “Então, apesar de não estar no programa aqui: quarto, sala, banheiro e cozinha, já me veio uma necessidade da gente ampliar isso aí no mínimo que fosse pra um terraço, também tentar ser o maior possível. A partir daí, assim, acho que o que eu tentei fazer foi tentar gerar um certo diagrama, um certo zoneamento desses usos né, dentro do que seria uma certa proporção também do que seria a área máxima prevista pelo cliente, então eu tentei criar este diagrama e tentei começar a jogar algumas dimensões, dar um dimensionamento básico nisso daí, pra tentar ver se esse zoneamento era válido ou não”.

SEGMENTO 2 – Tipo A5: Mencionando ou desenhando um espaço combinado a preocupação com o dimensionamento

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou retângulo	Pcn1	Observou as proporções	Fip1	Pensou no programa	Cdm1	Ampliar p/1 terraço
Fdn2	Dividiu os espaços internos	Prc1	Dividiu e relacionou os espaços	Fip2	Pensou no zoneamento	Cdm2	O terraço ser o maior possível
Fdn3	Cotou			Fip3	Pensou no dimensionamento		

(Segmento 3: Tipo F) “Então, depois eu comecei a tentar esboçar, numa escala maior, o que seria isso daí. Então, consistiu basicamente de um terraço na frente, a divisão do que seria essa massa retangular em dois lados, num se concentraria o quarto e o banheiro; no outro, seria a parte, digamos assim, mais de convivência, seria o estar e a cozinha. Como é uma cozinha americana, está integrada dando uma certa fluidez”.

SEGMENTO 3 – Tipo F: Copiar o projeto desenhando ao lado ou em um novo papel

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fco1	Copiou planta ao lado	Pcn1	Observou as proporções	Fip1	Função da cozinha americana: estar integrada - fluidez		
Fco2	Dividiu os espaços	Prc1	Dividiu a massa retangular em 2 lados: qto. e bwc X convivência (estar e cozi.)				
Fdn1	Hachurou varanda	Prlo1	Locou bancada				
Fdn2	Desenhou bancada copa	Prlo1	Locou porta				
Fdn3	Desenhou porta						

Tabela 4.5 – Exemplo de um trecho do protocolo verbal segmentado e categorizado do sujeito dado como exemplo acima (SB17) na tarefa de esboçar um centro de informação turística no computador

(Segmento 1: Tipo D1) De novo, né, assim, recebi as informações e por se tratar de um sítio histórico, no meio de uma rua, lugar onde estão passando várias pessoas, a idéia é gerar um conjunto que ele tinha que ser, vamos dizer assim, de certa forma, um tanto fixo, por ter instalações hidráulicas, enfim, mas que ele tentasse ser o mais leve possível, tentasse ser uma forma mais lúdica e que ele não fosse comparado com o sítio por ele... assim, não fosse de forma alguma reconhecido como algo fixo, que fosse fixo, mas ao mesmo tempo ele parecesse ser mais temporário.

SEGMENTO 1 – Tipo D1: Associando relações globais (espaço privado x entorno)

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou a rua	Pcn1	Analizou o site	Fp1	Pensou na forma da edificação	Cdm1	A edificação embora fixa, por ter instalações hidráulicas, parecesse temporária.
Fdn2	Desenhou recuos			Fp2	Pensou no caráter da edificação	Cdm2	Ser o mais leve possível
				Fp3	Pensou no entorno	Cdm3	Ser uma forma mais lúdica
						Cdm4	Não fosse comparada com o sítio

(Segmento 2: Tipo A5) Então, a idéia era uma caixa onde se concentraria uma administração, a copa, o banheiro, uma entrada de serviço, enfim, que fosse um volume. Então, de certa forma eu tentei dimensionar um pouco quais seriam as áreas necessárias pra administração, pra copa, pro banheiro, tentei gerar uma certa compartimentação aí, né, que você tivesse as partes molhadas de um lado, a parte da administração do outro, com a área de informações na frente.

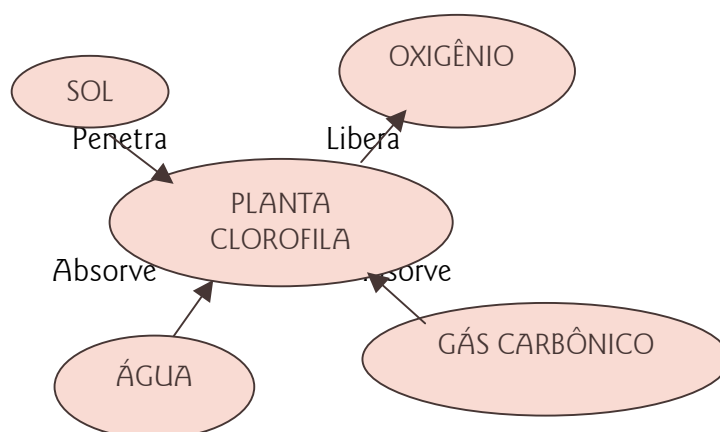
SEGMENTO 2 – Tipo A5: Mencionando ou desenhando um espaço combinado a preocupação com o dimensionamento

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou quadrado	Prc1	Partes molhadas de um lado, administração do outro, informações na frente	Fip1	Pensou Dimensionamento		
Fmm1	Moveu quadrado	Prle1	Locou os espaços internos	Fp1	Pensou no acesso		
Fdn2	Desenhou retângulo	Prle2	Locou planta na rua				
Fmm2	Moveu retângulo						
Fmm3	Moveu retângulo de novo						
Fmr1	Esticou retângulo						
Fmm4	Moveu retângulo						
Fmr2	Esticou retângulo e quadrado						
Fmr3	Esticou quadrado						
Fco1	Copiou retângulo						
Fmr4	Reduziu 1 retângulo						
Fdn3	Digitou: Copa						
Fmm5	Moveu: Copa						
Fdn4	Digitou: WC						
Fmm6	Moveu: WC						
Fdn5	Digitou: Administração						
Fmm7	Moveu: Administração						

Fmr5	Transformou em: Adm.						
Fmm8	Moveu: Adm.						
Fdn6	Desenhou Arco ao lado do retângulo (Adm.)						
Fmr6	Reduziu retângulo (Adm.)						
Fmd1	Apagou reta transformando o retângulo em semi-círculo						
Fmd2	Desfez semi-círculo, voltou a ser retângulo						
Fmm9	Moveu planta centralizando-a na rua						
Fdn7	Desenhou reta						
Fdn8	Desenhou outra reta						
Fmd3	Apagou as 2 retas						

Etapa 6: Ao final de cada tarefa, os sujeitos esboçaram o Modelo Mental do processo projetual de cada um, após ouvirem uma explicação sobre Modelos Mentais e a apresentação de exemplos (vide figuras 4.5, 4.6 e 4.7 a seguir).

Figura 4.5 - Modelo Mental da ‘fotossíntese’ inicialmente apresentado aos sujeitos como exemplificação:



O Modelo Mental possui:

- Elementos;
- Relações entre os elementos

O Modelo Mental pode ser:

- Impreciso
- Imperfeito
- Explicações simplificadas para fenômenos complexos

Figura 4.6 - Modelo Mental de 'como usar um processador de texto':

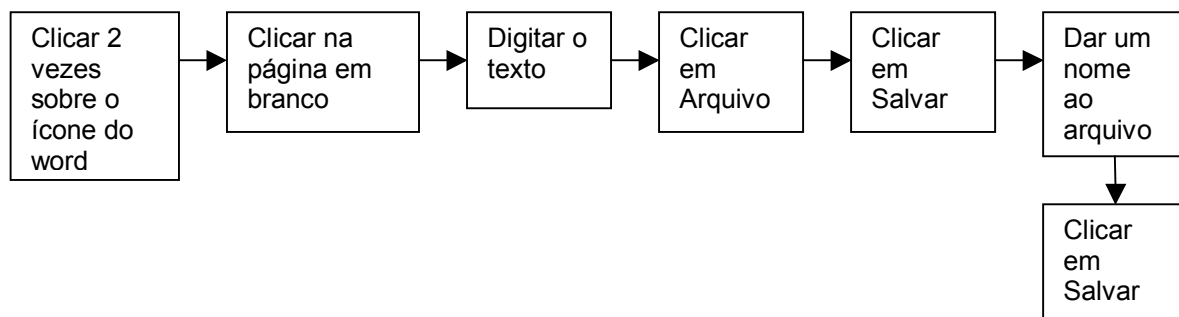
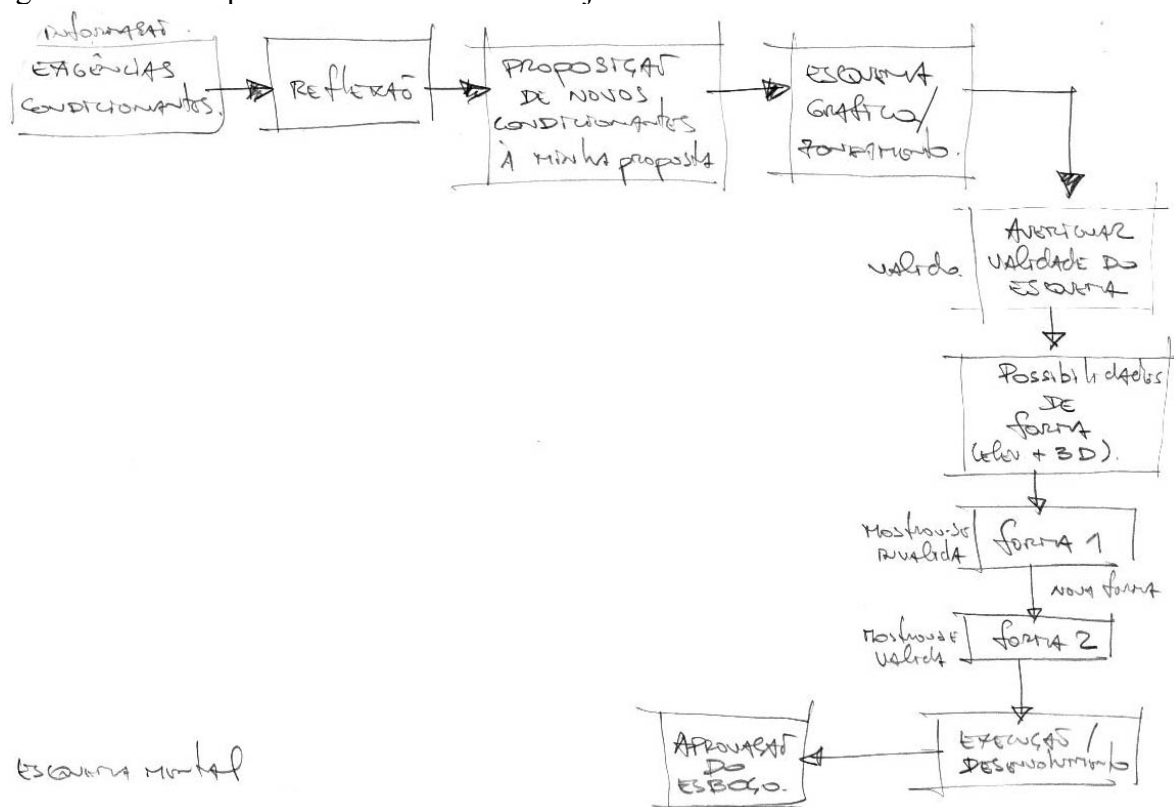


Figura 4.7 - Modelo Mental de 'Felicidade'



A Figura 4.8 mostra um exemplo de um modelo mental do sujeito citado acima como exemplo (SB17) em uma sessão no LÁPIS.

Figura 4.8 – Exemplo do modelo mental do sujeito SB17 na tarefa no LÁPIS



Etapa 7: Aplicação do questionário com os sujeitos de acordo com o Instrumento Q1 (ver abaixo).

Duas perguntas do questionário usam adaptações da escala de Likert (PEREIRA, 2001) a fim de se graduar a importância de certas habilidades e conhecimentos bem como a influência da computação gráfica sobre essas habilidades e conhecimentos.

Instrumento Q1 - Questionário

1. Nome completo:
2. Sexo:
3. Tempo como estudante de Arquitetura (se estudante) ou de prática (se arquiteto):
4. Que *software*(s) CAD utiliza?
5. Quantos anos de experiência com o *software* CAD usado no experimento:
6. Quantos anos de experiência com o uso de computador em geral:
7. E-mail:
8. Você prefere gerar projetos usando lápis e papel ou computador como meio de representação nas fases iniciais da projeção?
 - a. () primeiro lápis e papel, depois computador (para qualquer projeto);
 - b. () só computador (para qualquer projeto);
 - c. () só lápis e papel (para qualquer projeto);
 - d. () só computador se é uma ambientação ou uma reforma e primeiro lápis e papel e depois computador se é um projeto de uma edificação;

e. () outro (explique, por favor...)

9. Por favor, ponha um 'C' para os itens que você associa mais facilmente aos computadores nas fases iniciais de concepção de projeto e um 'P' para os itens que você associa mais facilmente ao lápis e papel (sinta-se à vontade para adicionar mais itens se achar necessário):

- a. () abstração
- b. () complexidade
- c. () controle do processo projetual
- d. () uso correto da escala
- e. () raciocínio de projeto
- f. () dimensionamento
- g. () facilidade de cópia, mudança e edição
- h. () facilidade de desenhar em 3D
- i. () liberdade
- j. () desenho mecânico
- k. () para organizar os pensamentos
- l. () ortogonalidade
- m. () percepção
- n. () praticidade
- o. () precisão
- p. () qualidade da representação gráfica
- q. () racionalidade
- r. () restritivo, cheio de regras
- s. () esboços sem medida
- t. () visualização

10. Em que momento exatamente você começa a projetar no computador?

- a. () com a idéia principal já gerada
- b. () no início
- c. () outro (explique, por favor...)

11. Você normalmente esboça diretamente em computador?

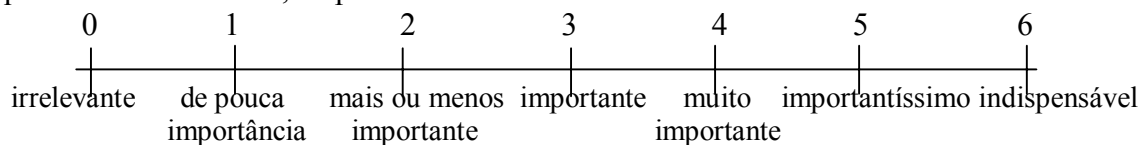
- a. () sim
- b. () não

12. Se sua resposta anterior foi 'sim', que *software* você prefere usar? E por quê?

13. Baseado em sua experiência, qual das mídias abaixo é a mais rápida para se trabalhar na fase inicial de concepção de projeto?

- a. () computador
- b. () lápis e papel

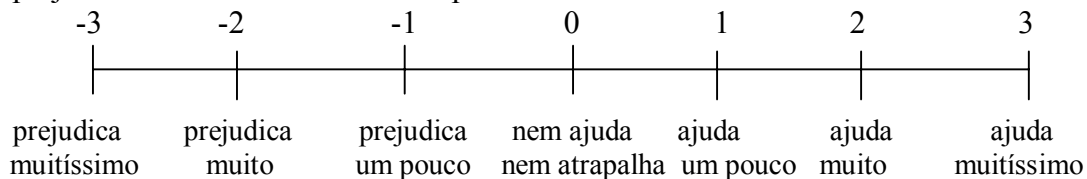
14. Quais elementos, habilidades, noções, conhecimentos e competências, dentre os apresentados abaixo, você considera mais importantes durante a concepção do projeto arquitetônico? Por favor, responda usando uma escala de 0 a 6:



- a. () estética /formas
- b. () formação de conceitos
- c. () criatividade /imaginação
- d. () cultura /informação /conhecimento prévio
- e. () dados iniciais do projeto
- f. () dimensionamento

- g. () fluxo /funcionando
- h. () mobília /ambientação /layout
- i. () representação gráfica
- j. () associação de idéias
- k. () insight /intuição /inspiração
- l. () interdisciplinaridade
- m. () conhecer seu próprio processo criativo
- n. () raciocínio lógico
- o. () memória
- p. () método
- q. () coordenação motora
- r. () habilidade de resolver problemas
- s. () proporção /escala
- t. () terreno
- u. () qualidades espaciais
- v. () raciocínio espacial /visualização espacial /visualização (dos espaços /do todo /do produto final)
- w. () estrutura
- x. () parâmetros técnicos /legislação
- y. () volume /morfologia
- z. () zoneamento

15. E, em relação aos mesmos itens acima você observou se algum deles foi ajudado ou prejudicado devido ao uso do computador? Por favor use a escala numérica abaixo:



- a. () estética /formas
- b. () formação de conceitos
- c. () criatividade /imaginação
- d. () cultura /informação /conhecimento prévio
- e. () dados iniciais do projeto
- f. () dimensionamento
- g. () fluxo /funcionando
- h. () mobília /ambientação /layout
- i. () representação gráfica
- j. () associação de idéias
- k. () insight /intuição /inspiração
- l. () interdisciplinaridade
- m. () conhecer seu próprio processo criativo
- n. () raciocínio lógico
- o. () memória
- p. () método
- q. () coordenação motora
- r. () habilidade de resolver problemas
- s. () proporção /escala
- t. () terreno
- u. () qualidades espaciais
- v. () raciocínio espacial /visualização espacial /visualização (dos espaços /do todo /do produto final)

- w. () estrutura
- x. () parâmetros técnicos /legislação
- y. () volume /morfologia
- z. () zoneamento

16. Se eu estivesse representando uma empresa interessada no desenvolvimento de *software* e *hardware* para dar suporte especificamente às fases iniciais de concepção do projeto arquitetônico, quais melhorias você poderia sugerir a fim de superar quaisquer barreiras ou dificuldades existentes entre o computador e os arquitetos, nesta fase? Quais habilidades você sente falta no computador nesta fase?

Etapa 8: A influência da ordem das tarefas e a variação do tempo de desenvolvimento das mesmas foram analisados a partir da observação da execução das tarefas em função da ferramenta utilizada. Seleccionamos, ainda, três juízes que analisaram os projetos apresentados a lápis e no computador e graduaram cada um deles a partir de seis categorias de análise. Os três juízes foram seleccionados por tratarem-se de arquitetos e professores da disciplina que aborda concepção de projeto da UFPE, denominada Planejamento Arquitetônico. Eles além de professores conceituados na área, encontram-se familiarizados com as questões levantadas no presente estudo sobre a influência das mídias no processo projetual, bem como eles apresentam linhas de pensamento e modos de abordagem de pesquisa distintos em relação as questões aqui apresentadas. As categorias de análise adotadas foram as seguintes:

(1) Identidade:

A identidade da proposta refere-se ao conjunto de características próprias e exclusivas, capazes de identificar o ‘caráter arquitetônico’ do projeto. Ao apropriar-se do tema, o sujeito deve preocupar-se com a natureza do mesmo apresentando uma proposta coerente com o tema.

(2) Funcionalidade:

Verifica se o projeto é funcional, ou seja, se o sujeito, durante a concepção, preocupou-se em atender a todas as funções necessárias dos ambientes e as conexões entre os mesmos apresentando uma solução padrão ou criativa (fora do convencional).

(3) Dimensionamento:

Analisa o modo como o sujeito dimensionou os ambientes, a proporção e a relação entre os mesmos e suas aberturas.

(4) Apresentação e representação gráfica:

Visa analisar quais desenhos foram apresentados (plantas e/ou cortes e/ou fachadas e/ou perspectivas) e a qualidade destas representações.

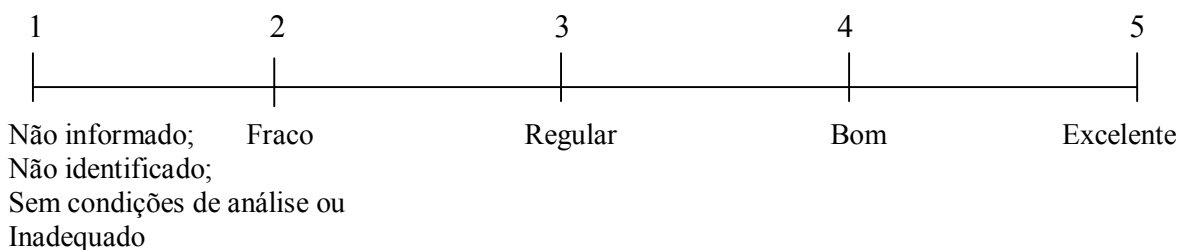
(5) Exeqüibilidade:

Verifica se há indicativos de uma preocupação com a execução do projeto através da forma, do volume, das estruturas etc.

(6) Estética:

Analisa a criatividade, a beleza, a proporção e a harmonia das formas e dos espaços gerados.

Estes juízes atribuíram conceitos a cada uma das categorias acima usando a escala de valores exemplificada abaixo, também de acordo com a escala de Likert (PEREIRA, 2001):



Cada um dos três juízes preencheu um quadro de notas igual ao da Tabela 4.6 a seguir discriminado:

Tabela 4.6 – Quadro de notas preenchido pelos juízes

	1. Identidade		2. Funcionalidade		3. Dimensionamento		4. Apres.Repr. Gráfica		5. Exeqüibilidade		6. Estética	
Sujeito	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD
SE1												
SE2												
SE3												
SE4												
SE5												
SE6												
SE7												
SE8												
SE9												
SB10												
SB11												
SB12												
SB13												
SB14												
SB15												
SB16												
SB17												
SB18												

4.4.4. Análise dos Dados

Ao término da aplicação do Modelo Final de Análise com os sujeitos pesquisados, fizemos anotações que buscaram identificar comportamentos e correlações entre as diferentes metodologias adotadas para resolver os problemas a partir das diferentes mídias (lápis e/ou computador). Esta fase foi fundamental para a identificação dos processos cognitivos dos sujeitos durante a fase da concepção da idéia.

Objetivamos, assim, verificar se e em que extensão o uso do computador na fase de concepção projetual modifica o pensamento projetual em relação às habilidades e conhecimentos mencionados anteriormente. Um outro objetivo foi o de mapear as estruturas e estratégias usadas pelos estudantes e arquitetos para se adaptar a este momento tecnológico, como tais estratégias surgiram, o que foi modificado nas metodologias de projeto e quais são as limitações e/ou benefícios gerados devido ao uso da computação gráfica.

Após a obtenção dos dados fornecidos pelos instrumentos acima descritos, foi levada a efeito a análise dos mesmos. Ou seja, analisamos os questionários complementares, os esboços das tarefas isomórficas de projeto, os mapas de processos de concepção (modelos mentais), as fitas de vídeo, as fitas cassetes e as anotações feitas durante as observações livres usando a metodologia de Análise de Protocolos apresentada anteriormente (vide item 4.3). Tal análise teve por objetivo, a interpretação dos dados, o estabelecimento dos pontos relevantes, categorizando-os e armazenando-os, a fim de subsidiar a análise estatística a partir do *software* SPSS (*Statistic Package for the Social Science* – Pacote Estatístico para as Ciências Sociais) (KINNEAR e GRAY, 1993; PEREIRA, 1999). Deste modo, elaboramos um quadro que nos permitiu refletir sobre o processo de concepção do objeto arquitetônico, antes e depois da introdução do computador como instrumento mediador, a fim de testar nossas hipóteses objetivando a redação final e a defesa da tese.

4.5. Conclusão

Neste capítulo descrevemos a Metodologia empregada (Análise de Protocolos), apresentamos outras possíveis opções metodológicas e justificamos as escolhas metodológicas feitas, apresentamos também a sequência das etapas metodológicas com seus respectivos instrumentos de análise bem como alguns trechos das análises dos sujeitos.

Acreditamos que a abordagem metodológica adotada, com a utilização de questionários, modelos mentais, tarefas isomórficas e protocolos verbais e visuais destas tarefas, representa um modelo metodológico com informações que se complementam, contemplando diferentes aspectos do tema abordado. Observamos, portanto, tanto o ponto de vista dos sujeitos pesquisados (através dos questionários); do pesquisador (através da análise dos dados) e de teóricos da área (através da revisão bibliográfica e da utilização de uma metodologia já bem estabelecida no meio acadêmico – a Análise de Protocolos). Também, trabalhamos com resultados concretos quando analisamos as tarefas e os modelos mentais.

Deste modo, esta tornou-se uma alternativa metodológica que apresenta uma abordagem de pesquisa com resultados empíricos robustos e que permitem a aplicação da análise estatística. Escolhemos trabalhar com um experimento de laboratório em uma situação

controlada devido ao nosso enfoque psicológico cognitivo, a fim de categorizarmos os processos cognitivos dos indivíduos através da verbalização de seus pensamentos projetuais. Também, escolhemos uma análise qualitativa, com poucos sujeitos, a fim de nos aprofundarmos na análise dos processos de cada um deles. Esperamos que este experimento possa vir a sugerir idéias a serem exploradas posteriormente em um cenário mais realista.

No capítulo seguinte, apresentaremos a aplicação da metodologia apresentada neste capítulo com seus respectivos resultados.

CAPÍTULO 5. Resultados, Análise Estatística e Descobertas

5.1. Introdução

Neste capítulo, os resultados encontram-se apresentados em seis seções distintas. Na primeira seção, faremos uma análise estatística das variáveis de nosso trabalho empírico com o objetivo de testarmos nossas hipóteses. Nas seções seguintes, faremos, primeiramente, uma análise mais geral das tarefas desenvolvidas para, em seguida, partirmos para análises mais específicas dos dados relacionados a: as categorias de segmentação, as ações cognitivas, os modelos mentais e os questionários. Apresentaremos, em cada uma das seções, uma análise estatística dos dados.

Por questões de simplificação, neste estudo, as ações cognitivas serão denominadas de AC. Os números ao lado dos nomes das mídias representam a ordem da sessão, assim LÁPIS 1 representa o caso em que a primeira sessão foi realizada com lápis e papel; conseqüentemente, CAD 1 representa o caso em que a primeira sessão foi realizada no computador. Outro termo usado é ‘frequência’ que se refere à ocorrência de uma ação particular ao longo de toda a sessão projetual.

A fim de realizarmos uma análise estatística de nossos dados, construímos, a partir dos nossos instrumentos de análise, um conjunto de variáveis dependentes e variáveis independentes perfazendo um total de 172 variáveis. Um fator dificultoso para a utilização da abordagem estatística em nosso trabalho foi o pequeno número da amostra (18 sujeitos) e o grande número de variáveis (172 variáveis). Estes números fazem todo o sentido quando se considera que nossa intenção principal é a de apresentar uma análise qualitativa. Sabe-se que uma análise qualitativa apresenta vantagens e desvantagens. Como desvantagem principal, esta limita um pouco o uso da estatística e algumas vezes tende a apresentar resultados marginalmente significativos que poderiam vir a tornar-se significativos ao aumentar-se o número de sujeitos da amostra. E, como principal vantagem, esta favorece bastante a riqueza e a complexidade da análise dos dados referentes a cada indivíduo.

Apesar de trabalharmos com uma análise qualitativa, diversas estatísticas comparativas interessantes foram possíveis de serem realizadas, particularmente no que concerne a testar nossas hipóteses e a compararmos as diferenças (ou semelhanças) entre os indivíduos com diferentes níveis de experiência com computador bem como, principalmente, entre os subgrupos em termos dos seus processos cognitivos de concepção de projeto e atitudes perante as mídias. A partir disso e de um conjunto de estudos de correlação, aliados ao nosso referencial teórico, foi possível agrupar as muitas variáveis dependentes pareando-as a fim de estabelecer ou não a significância das diferenças ou a correlação entre variáveis. Isto

nos possibilitou a realização de várias análises com resultados estatisticamente significativos para 5%. Pouparemos o(a) leitor(a) da apresentação detalhada de todas as análises estatísticas feitas e apresentaremos nos itens subseqüentes apenas os resultados daquelas consideradas como mais relevantes para a análise de nosso objeto de estudo. A fim de subsidiar nossa análise estatística utilizamos o *software* SPSS (*Statistic Package for the Social Science* – Pacote Estatístico para as Ciências Sociais – PEREIRA, 1999).

Outro ponto que vale a pena ser ressaltado é que, como nossa amostra foi construída com base no voluntariado, esta não representa um retrato do universo. Visto que, uma característica dos voluntários é que estes são mais interessados que a média. E, portanto, não pretendemos apresentar generalizações para o grupo de arquitetos e estudantes de Arquitetura como um todo. Pretendemos, sim, afirmar que nossa amostra é representativa dos estudantes e arquitetos acima da média, que estão, portanto, lidando melhor com os novos paradigmas originados pelo surgimento das tecnologias computacionais.

5.2. Teste de Hipóteses

Na introdução de nossa tese apresentamos as hipóteses abaixo discriminadas. Neste item, pretendemos, comparando nossas variáveis empíricas, testá-las a partir da utilização de uma análise estatística.

A hipótese principal de nossa tese postula que na fase específica de concepção do projeto, a mídia tradicional (lápiz e papel) ainda apresenta vantagens sobre a mídia digital (computador) devido às limitações do estado da arte de *hardware* e *software* e das estratégias de abordagem atualmente adotadas pelos arquitetos em relação à mídia digital.

A partir de nossa hipótese principal apresentamos as seguintes hipóteses secundárias:

H 1. A forma como a **ferramenta computacional** estrutura-se e constrói sua interface com o usuário impõe níveis de precisão, rigidez e compromisso que pressionam o arquiteto a tomar decisões antes que este esteja preparado a fazê-las;

H 2. A falta de **compreensão e domínio** da **ferramenta computacional** por parte do **usuário** limita a utilização da computação gráfica tornando-a mais uma ferramenta de representação do que de concepção;

H 3. Existem diferenças significativas entre as **ações cognitivas** dos **arquitetos**, na fase de concepção de projeto, quando estes utilizam **mídias distintas** (lápiz X CAD);

H 4. O uso da **mídia tradicional** favorece uma melhor **compreensão do problema projetual**.

Nesta seção, o retorno dos sujeitos foi codificado e analisado no SPSS, usando a Prova de Wilcoxon, a Prova do χ^2 , algumas estatísticas descritivas a partir da comparação das

médias e desvios-padrão; bem como, algumas correlações. A Prova de Wilcoxon é recomendada pelos estatísticos por medir atitudes e desempenhos dos mesmos sujeitos sobre duas condições distintas, denominadas assim de amostras relacionadas, e no mínimo utilizando-se de uma escala ordinal (BRYMAN e CRAMER, 1990; LEVIN, 1987). Esta Prova pode ser usada para testar a diferença entre as médias dos dois conjuntos de pontuações para significância. Por exemplo, a diferença entre as médias dos comportamentos dos sujeitos, em termos de pontuações, para as variáveis do processo projetual sobre duas condições distintas - usando ferramentas CAD e usando lápis e papel. Usamos a Prova do χ^2 quando queríamos analisar a amostra dos 18 sujeitos como um todo; por exemplo, no caso de algumas questões do questionário, o que caracteriza o caso estatístico de uma amostra bem como quando estávamos trabalhando com uma escala nominal. Uma regra prática em estatística diz que para uma diferença entre duas médias ser estatisticamente significativa, o valor de significância tem que ser igual ou menor a 0,05. (SIEGEL, 1975).

Após a aplicação dos testes estatísticos, todas as hipóteses nulas (em relação às hipóteses principal e secundárias acima citadas) – de nenhuma diferença significativa no comportamento dos sujeitos para o processo de concepção projetual usando CAD e usando LÁPIS – foram rejeitadas.

Iniciaremos testando nossas hipóteses secundárias, afinal estas apresentam-se como desdobramentos de nossa hipótese principal.

5.2.1. Testando a Hipótese Secundária 1

A nossa Hipótese secundária 1 afirma que: A forma como a **ferramenta computacional** estrutura-se e constrói sua interface com o usuário impõe níveis de precisão, rigidez e compromisso que pressionam o arquiteto a tomar decisões antes que este esteja preparado a fazê-las. A fim de testar esta hipótese comparamos as médias e desvios-padrão das variáveis abaixo discriminadas, usando uma estatística descritiva bem como a Prova do χ^2 :

- a. LÁPIS X CAD na fase de concepção (referente à questão 8 do Questionário);
- b. Quais características encontram-se associadas ao lápis e papel ou ao computador (referente à questão 9 do Questionário);
- c. Se o usuário começa a trabalhar no computador desde o início da projeção ou só quando a idéia já foi definida no lápis (referente à questão 10 do Questionário);
- d. Se o usuário tem o hábito de esboçar diretamente no computador (referente à questão 11 do Questionário);

e. Se o usuário considera o computador ou o lápis e papel como meio mais rápido para conceber idéias projetuais (referente à questão 13 do Questionário).

a. LÁPIS X CAD na fase de concepção (referente à questão 8 do Questionário)

A partir da questão 8 do Questionário pudemos constatar que a maioria dos sujeitos pesquisados preferem começar a projetar usando o lápis e papel como ferramenta, alguns deles passam posteriormente a trabalhar no computador (vide Tabela 5.1 abaixo). Somente 2 (dois) sujeitos (11,11%) afirmaram trabalhar exclusivamente no computador para qualquer tipo de projeto.

Tabela 5.1 - Estatística Descritiva da Questão 8 do Questionário

Q8: Prefere gerar projetos usando lápis e papel ou computador nas fases iniciais da projeção?	Frequência observada
1. 1º lápis e depois CAD para qualquer projeto	8
2. Só CAD para qualquer projeto	2
3. Só lápis para qualquer projeto	2
4. Só CAD para ambientação ou reforma e 1º lápis depois CAD para projeto	2
5. Outra opção	4
Total de sujeitos	18

b. Quais características encontram-se associadas ao lápis e papel ou ao computador (referente à questão 9 do Questionário)

Com base na questão 9, observamos que as características significativamente associadas ao lápis e papel, também são as consideradas, por pesquisadores na área, como as mais importantes à fase de concepção projetual tais quais: abstração, raciocínio de projeto, liberdade, ordenação dos pensamentos, percepção e esboços sem medidas (vide a Tabela 5.2 a seguir). E, dentre estas características, quando aplicamos a Prova do χ^2 apenas raciocínio de projeto e percepção não apresentaram uma diferença estatisticamente significativa a 5%. É interessante colocar que as características listadas nesta questão do questionário foram escolhidas por serem as mais citadas por nossos entrevistados em nosso Estudo Piloto, quando conduzidos a fazer livres associações, de memória, as características que consideravam mais ligadas ao lápis ou ao computador.

Tabela 5.2 - Estatística Descritiva - Prova do χ^2 da questão 9 do Questionário

Q9: Características associadas ao lápis ou ao computador?	LÁPIS		CAD		χ^2	Significância
	Nº de sujeitos	(%)	Nº de sujeitos	(%)		
Abstração	16	88,89	2	11,11	10.889	0.001
Complexidade	5	27,78	13	72,22	3.556	0.059
Controle do processo projetual	8	44,44	10	55,56	0.222	0.637
Uso correto da escala	3	16,67	15	83,33	8.000	0.005
Raciocínio de projeto	13	72,22	5	27,78	2.000	0.157
Dimensionamento	2	11,11	16	88,89	10.889	0.001
Facilidade de cópia, mudança e edição	1	5,56	17	94,44	14.222	0.000
Facilidade de desenhar em 3D	12	66,67	6	33,33	2.000	0.157
Liberdade	18	100	0	0		0.000
Desenho mais mecânico	2	11,11	16	88,89	10.889	0.001
Para organizar os pensamentos	14	77,78	4	22,22	5.556	0.018
Ortogonalidade	3	16,67	15	83,33	8.000	0.005
Percepção	11	61,11	7	38,89	0.889	0.346
Praticidade	13	72,22	5	27,78	3.556	0.059
Precisão	1	5,56	17	94,44	14.222	0.000
Qualidade da representação gráfica	5	27,78	13	72,22	3.556	0.059
Racionalidade	5	27,78	13	72,22	3.556	0.059
Restritivo, cheio de regras	1	5,56	17	94,44	14.222	0.000
Esboços sem medidas	18	100	0	0		0.000
Visualização	8	44,44	10	55,56	0.222	0.637

c. Se o usuário começa a trabalhar no computador desde o início da projeção ou só quando a idéia já foi definida no lápis (referente à questão 10 do Questionário)

A questão 10 mostrou que a grande maioria dos nossos pesquisados (14 sujeitos – 77,78%) só começa a trabalhar no computador quando a idéia já foi definida no lápis enquanto apenas 3 sujeitos usam o computador desde o início da projeção e um sujeito afirma interagir com as duas ferramentas ao mesmo tempo. Ao utilizarmos a Prova do χ^2 constatamos que esta diferença é bastante significativa ($\chi^2 = 7.118$; significância = 0.008). Isso confirma o uso do computador mais como uma ferramenta de desenho que como uma ferramenta de concepção.

d. Se o usuário tem o hábito de esboçar diretamente no computador (referente à questão 11 do Questionário)

Em relação à questão 11 do Questionário, apesar da maioria dos pesquisados (11 sujeitos – 61,11%) terem afirmado não possuir o hábito de esboçar diretamente no computador e 7 sujeitos (38, 89%) costumam esboçar diretamente no computador, ao aplicarmos a Prova do χ^2 verificamos que esta diferença não era estatisticamente significativa ($\chi^2 = 0.889$; significância = 0.346).

e. Se o usuário considera o computador ou o lápis e papel como meio mais rápido para conceber idéias projetuais (referente à questão 13 do Questionário)

Na questão 13, a maioria dos sujeitos (13 sujeitos – 72,22%) afirmou que considerava o lápis e papel como meio mais rápido para conceber idéias de projeto, quatro sujeitos responderam o computador e um sujeito respondeu que tanto fazia. O resultado encontrado no desenvolvimento das tarefas isomórficas confirmou a expectativa da maioria. Ao testarmos o resultado usando a Prova do χ^2 constatamos a significância desta diferença ($\chi^2 = 4.765$; significância = 0.029).

f. Conclusão

Como podemos constatar, os dados acima apresentados demonstraram uma diferença das médias entre as condições A (lápis e papel) e B (CAD) para todas as variáveis pesquisadas. Ao testarmos essas diferenças usando a Prova do χ^2 , também pudemos observar que essas diferenças eram estatisticamente significantes, apenas algumas poucas comparações entre variáveis apesar de apresentarem diferença em favor de nossa hipótese não apresentaram uma diferença com significância menor que 5%. Sendo assim, consideramos que a hipótese nula - de nenhuma diferença significativa no comportamento dos sujeitos para o processo de concepção projetual usando CAD e usando LÁPIS devido à forma como a ferramenta computacional estrutura-se e constrói sua interface com o usuário - foi rejeitada. Consideramos ainda, que a nossa Hipótese Secundária 1 - que afirmava que a forma como a ferramenta computacional estrutura-se e constrói sua interface com o usuário impõe níveis de precisão, rigidez e compromisso que pressionam o arquiteto a tomar decisões antes que este esteja preparado a fazê-las - foi validada.

5.2.2. Testando a Hipótese Secundária 2

Utilizamos os resultados de uma Prova Estatística de Correlação a fim de testarmos a nossa Hipótese secundária 2 que afirma que: a falta de **compreensão** e **domínio** da **ferramenta computacional** por parte do **usuário** limita a utilização da computação gráfica tornando-a mais uma ferramenta de representação do que de concepção. Estes resultados são apresentados na Tabela 5.3 a seguir. Pudemos observar que dos 18 (dezoito) sujeitos pesquisados, 11 (onze) afirmaram não possuir o hábito de esboçar diretamente no computador e, dentre estes 11 sujeitos, a maioria deles ou apresentaram um domínio insuficiente da ferramenta CAD (7 sujeitos – 63.6%) ou um domínio considerado apenas suficiente da ferramenta CAD (3 sujeitos – 27.3%) (vide Tabela 5.3 abaixo). Por sua vez, dentre os 7 (sete)

sujeitos que afirmaram ter o hábito de esboçar diretamente do computador, nenhum deles apresentou domínio insuficiente da ferramenta.

Tabela 5.3 - Correlação: Domínio da ferramenta CAD X Q11: Você tem o hábito de esboçar diretamente no computador?

			Q11: Você tem o hábito de esboçar diretamente no computador?		
			1. Sim	2.Não	Total
Domínio da ferramenta CAD	1. Insuficiente	Quantidade		7	7
		Percentagem		63.6%	38.9%
	2. Suficiente	Quantidade	4	3	7
		Percentagem	57.1%	27.3%	38.9%
	3. Bom	Quantidade	2		2
		Percentagem	28.6%		11.1%
	4. Muito bom	Quantidade	1	1	2
		Percentagem	14.3%	9.1%	11.1%
Total		Quantidade	7	11	18
		Percentagem	100%	100%	100%

Sendo assim, consideramos que a hipótese nula - de nenhuma diferença significativa no comportamento dos sujeitos para o processo de concepção projetual usando CAD e usando LÁPIS devido a falta de compreensão e domínio da ferramenta computacional por parte do usuário - foi rejeitada. Bem como, a nossa Hipótese secundária 2 que afirma que: a falta de compreensão e domínio da ferramenta computacional por parte do usuário limita a utilização da computação gráfica tornando-a mais uma ferramenta de representação do que de concepção foi validada.

A fim de facilitarmos a compreensão da comparação entre variáveis neste item e em outros que se sucederão definiremos e apresentaremos exemplos dos sujeitos que consideramos apresentar um domínio da ferramenta (CAD ou LÁPIS): insuficiente, suficiente, bom ou muito bom:

(a) Insuficiente: quando a falta de domínio da ferramenta prejudicou bastante o processo de concepção do projeto na medida em que o sujeito não conseguiu representar as idéias e soluções de projeto que lhes vieram à mente e que pudemos identificar através dos protocolos verbais posteriormente coletados ao final da tarefa (vide figuras 5.1 e 5.2); estes sujeitos passaram um bom tempo diante da ferramenta utilizada, apresentando várias tentativas frustradas de representação e um resultado final aquém do esperado.

(b) Suficiente: quando o pouco domínio da ferramenta, apresentando pequenas dificuldades de representação, não chegou a prejudicar a expressão das idéias e soluções de projeto que lhes vieram à mente; embora estes sujeitos tenham limitado-se ao uso das representações bidimensionais (vide figuras 5.3 e 5.4).

(c) Bom: quando o sujeito apresentou um bom domínio da ferramenta, sem apresentar dificuldades em externar idéias e soluções de projeto, apresentando, inclusive, perspectivas das mesmas (vide figuras 5.5 e 5.6).

(d) Muito bom: quando o sujeito se destacou dos demais pelo excelente domínio da ferramenta, apresentando agilidade, precisão e destreza e, também, (como na categoria anterior) representando desenhos bi e tridimensionais (vide figuras 5.7 e 5.8).

Figura 5.1 – Único exemplo de domínio insuficiente da ferramenta LÁPIS – sujeito SE2



Figura 5.2 – Exemplos de domínio insuficiente da ferramenta CAD – sujeitos SE4, SE6 e SE8

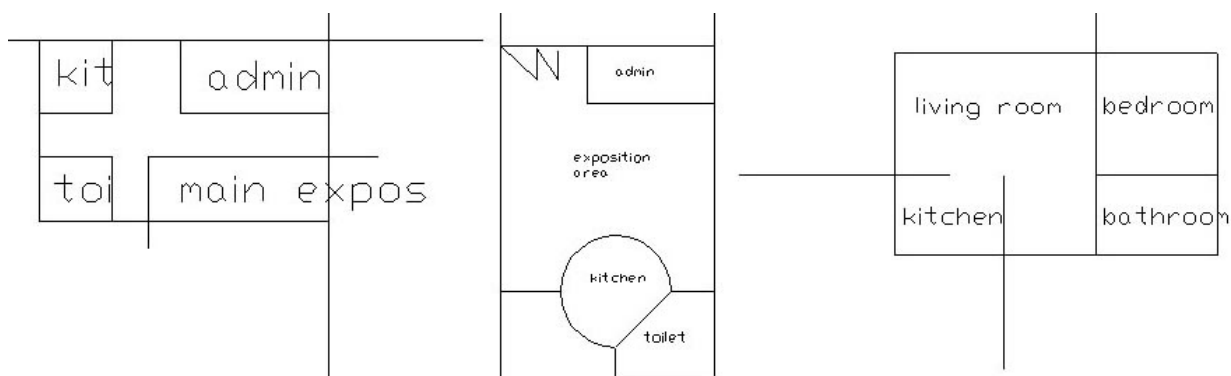


Figura 5.3 - Exemplos de domínio suficiente da ferramenta LÁPIS – sujeitos SE9, SB11, SB13 e SE8

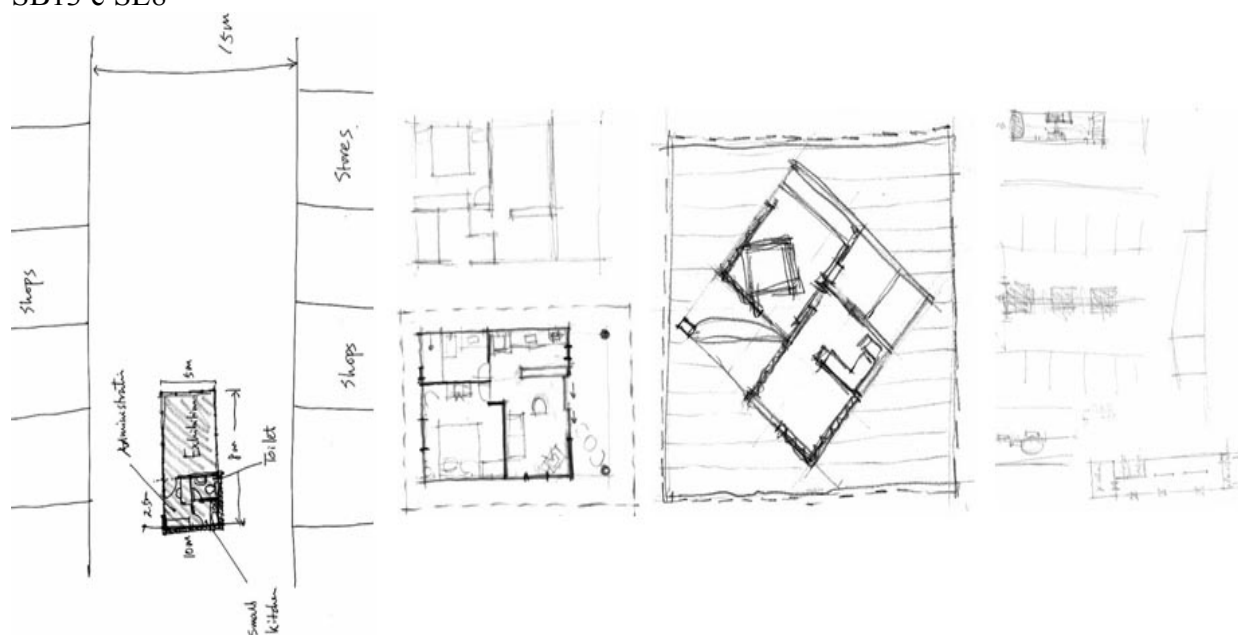


Figura 5.4 – Exemplos de domínio suficiente da ferramenta CAD – sujeitos SE7, SB11, SB10 e SB17

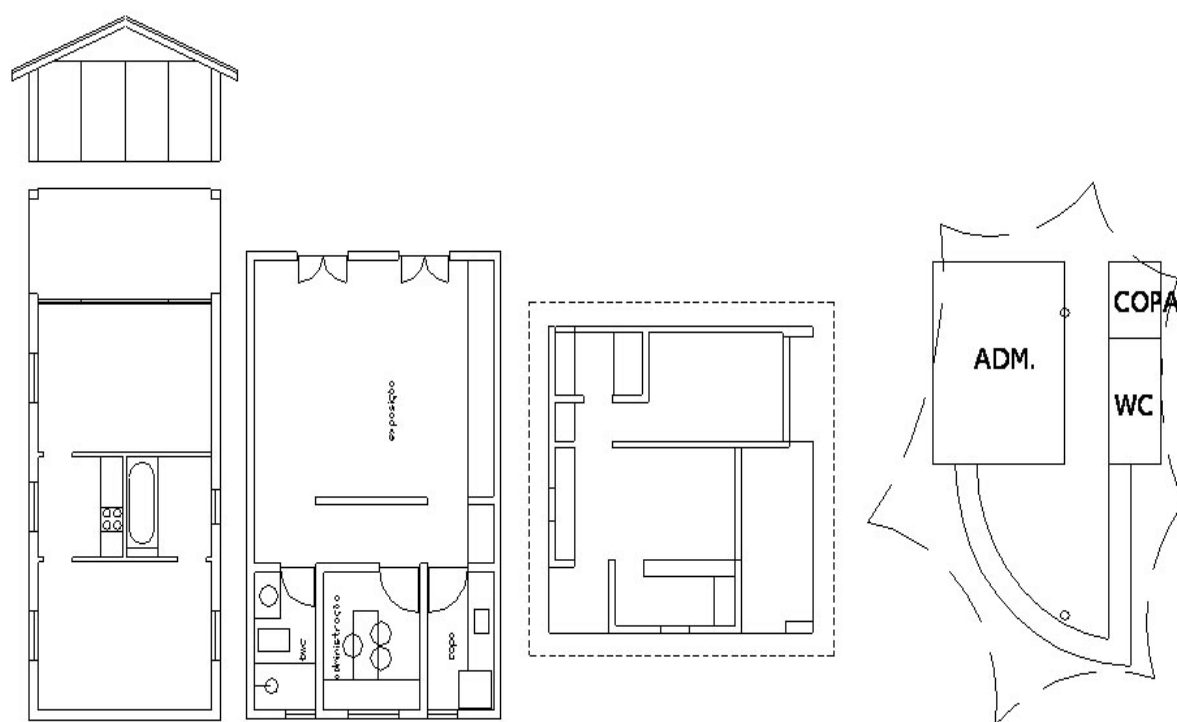


Figura 5.5 – Único exemplo de um bom domínio da ferramenta LÁPIS – sujeito SE6

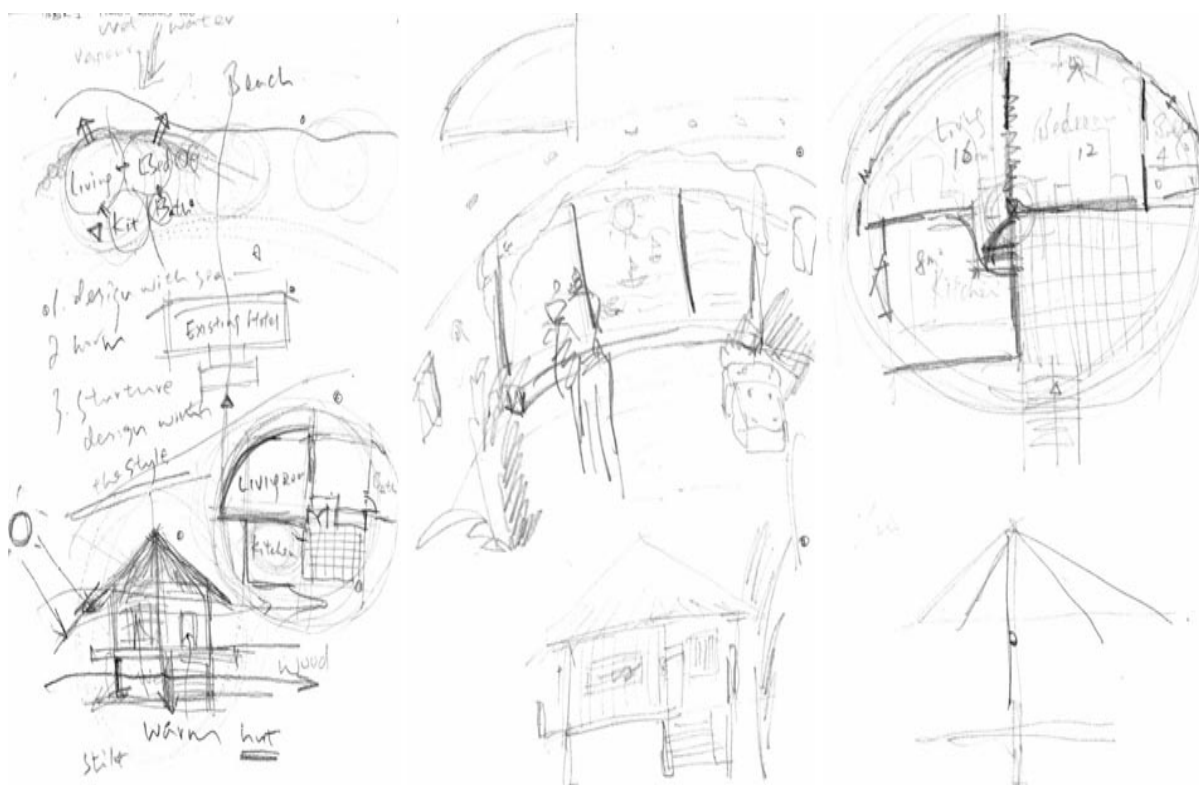


Figura 5.6 – Exemplos de um bom domínio da ferramenta CAD – sujeitos SB15 e SB16

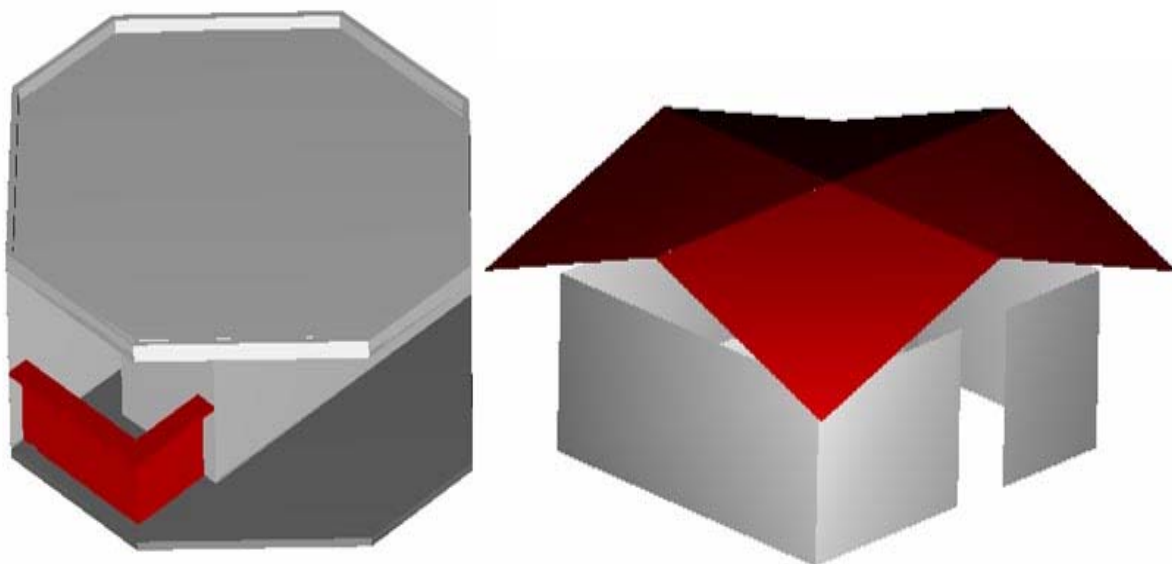


Figura 5.7 – Exemplos de um domínio muito bom da ferramenta LÁPIS – sujeitos SB10, SB12, SB17 e SE1

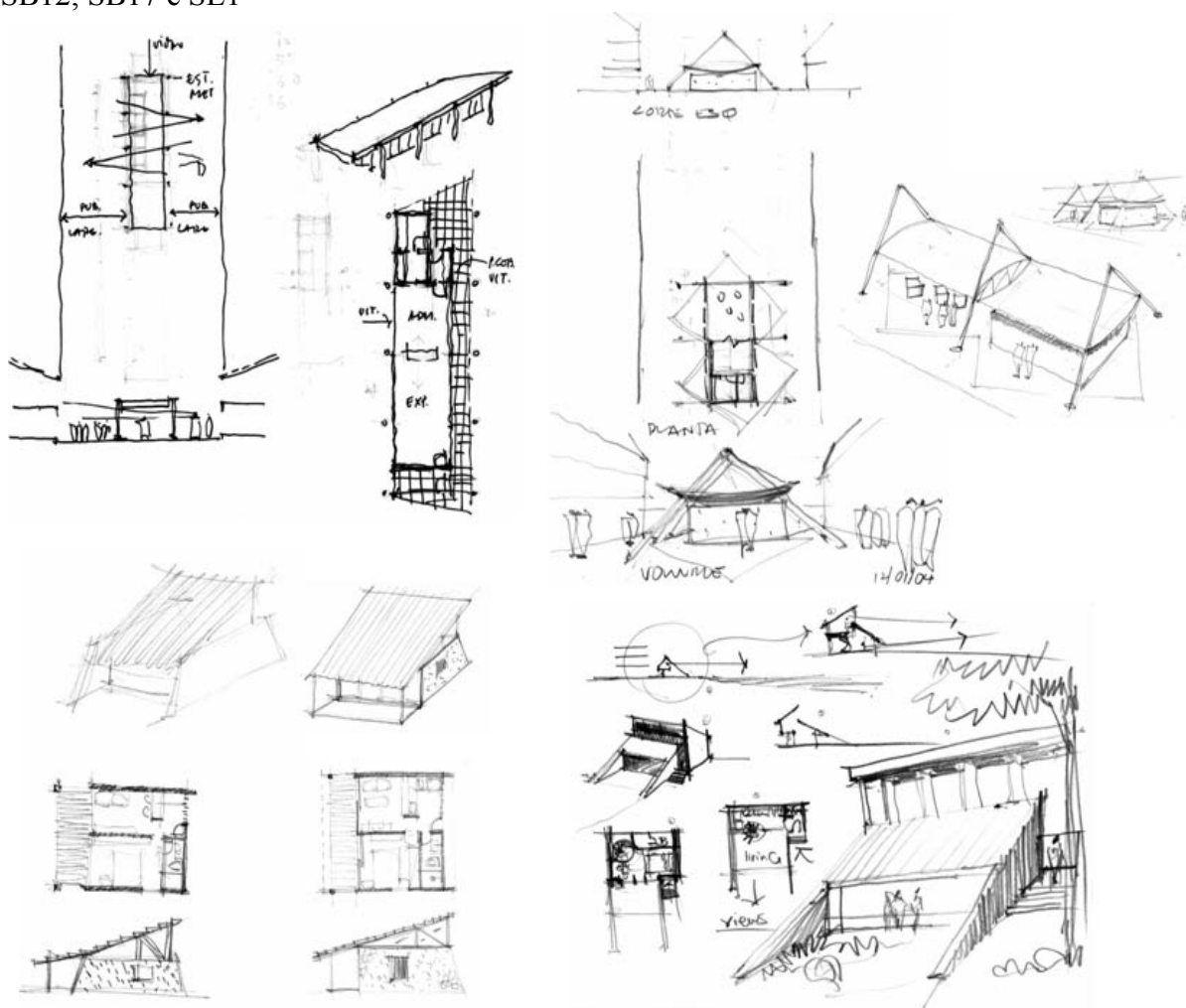
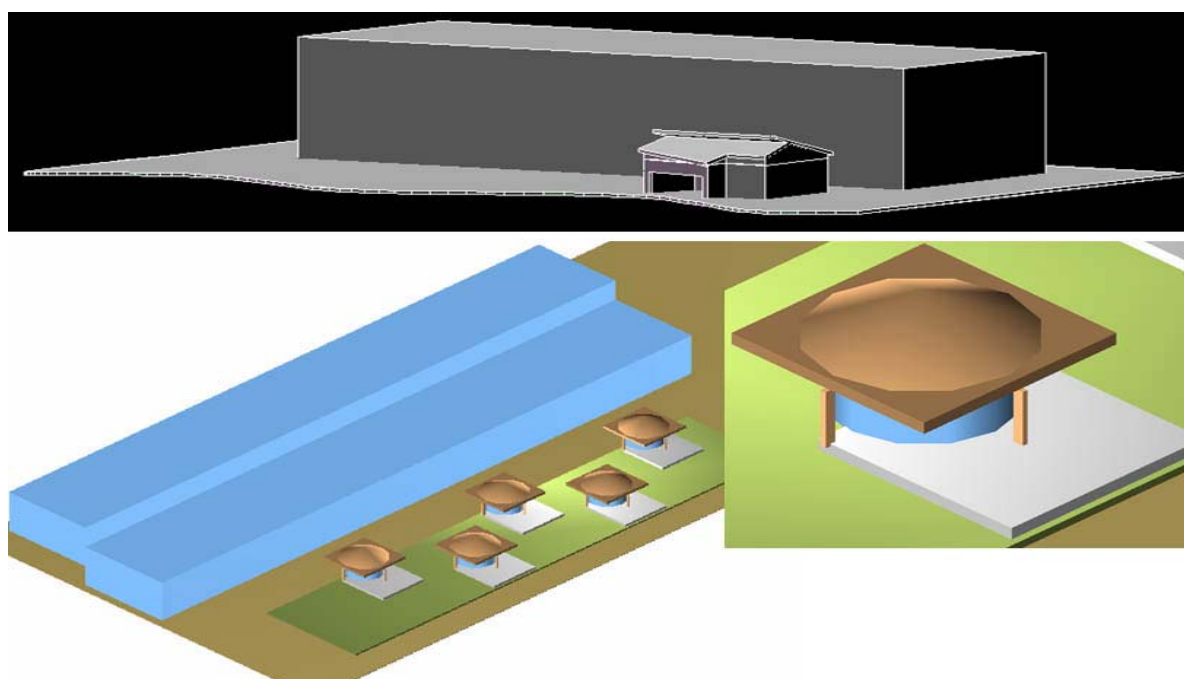


Figura 5.8 – Exemplos de um domínio muito bom da ferramenta CAD – sujeitos SE3 e SB12



5.2.3. Testando a Hipótese Secundária 3

Nossa Hipótese secundária 3 afirma o seguinte: Existem diferenças significativas entre as **ações cognitivas** dos **arquitetos**, na fase de concepção de projeto, quando estes utilizam **mídias distintas** (lápiz X CAD). A fim de testar esta hipótese, comparamos as médias e desvios-padrão das variáveis abaixo discriminadas, usando uma estatística descritiva bem como a Prova de Wilcoxon:

a. Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida a lápis X Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador;

b. Número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador;

c. Número de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador;

d. Número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador;

e. Número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador

a. Comparação das variáveis: Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no lápis X Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão do número de segmentos do protocolo verbal dos sujeitos por minuto de tarefa quando usando mídias distintas, pudemos constatar que, em média, o número de segmentos do protocolo verbal dos sujeitos por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel (vide a Tabela 5.4 a seguir). Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon observamos que estes eram estatisticamente muito significantes ($Z = -3,376$; significância = 0.001).

Tabela 5.4 - Estatística Descritiva – Comparação Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa (lápiz X computador)

Variáveis	Nº de sujeitos	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no lápis	18	0.403	0.2184	0.17	1.00
Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador	18	0.173	0.1287	0.02	0.50

Colocamos abaixo, a título de exemplos, um trecho traduzido do protocolo verbal do sujeito SE6 na tarefa a lápis cujo objeto arquitetônico encontra-se representado na figura 5.5 do item acima (que no total apresentou 6 segmentos e 0,33 segmentos por minuto de desenvolvimento da tarefa – vide Tabela 5.5) e um protocolo verbal na íntegra do mesmo sujeito SE6 na tarefa desenvolvida no computador cujo objeto arquitetônico encontra-se representado na figura 5.2 do item acima (com 2 segmentos no total e 0,2 segmentos por minuto de desenvolvimento da tarefa – vide Tabela 5.6).

Tabela 5.5 - Trecho traduzido do protocolo verbal do sujeito SE6 na tarefa com lápis (tempo total da tarefa = 18 minutos; nº. total de segmentos = 6; 0,33 segmentos por minuto de tarefa)

(Segmento 1: Tipo D3) Primeiro eu pensei na praia, depois eu tentei fazer um diagrama de onde cada espaço devia se localizar e de como estes deviam se conectar entre si.

SEGMENTO 1 – Tipo D3: Associando relações globais + Associando relações locais

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou o mar	Prc1	Observou a relação entre os espaços internos	Fp1	Pensou nas funções dos espaços internos		
Fds1	Desenhou um diagrama de bolhas	Prle1	Observou a relação entre o bangalô e o mar e entre o bangalô e o hotel				
Fdn2	Desenhou o hotel						
Fdn3	Escreveu lista de características						

(Segmento 2: Tipo A3) Com isto definido, eu comecei a pensar no estilo e na estrutura, como era de frente pro mar e deveria ser em um clima quente e tropical eu pensei numa espécie de palafita com uma grande varanda que circundasse a edificação, suspensa do chão para que houvesse um bolsão de ar por baixo e com grandes beirais para proteger do sol. Seria uma palafita toda de madeira e com uma coberta de palha, bem característica dessas regiões de praia.

SEGMENTO 2 – Tipo A3: Mencionando ou desenhando um espaço e colocando objetos

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou fachada (palafita)	Pcn1	Observando características	Fip1	Pensou no estilo	Crc1	Palafitas de madeira c/ coberta

			e materiais				de palha são características de regiões de praia
Fdn2	Desenhou cobertura da fachada			Fip2	Pensou na estrutura		
Fdn3	Desenhou porta			Fip3	Palafita para criar bolsão de ar		
Fdn4	Desenhou janela			Fip4	Grandes beirais para proteger do sol		
Fdn5	Desenhou escada						
Fdn6	Desenhou estrutura						
Fdn7	Desenhou sol						
Fdn8	Escreveu algumas características						

Tabela 5.6 - Protocolo verbal completo e traduzido do sujeito SE6 na tarefa no computador (tempo total da tarefa = 10 minutos; n.º. total de segmentos = 2; 0,2 segmentos por minuto de tarefa)

(Segmento 1: Tipo D1) Primeiro pensei sobre o entorno, analisei...

SEGMENTO 1 – Tipo D1: Associando relações globais (espaço privado x entorno)

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou a rua	Pcn1	Analisou as características do site	Fp1	Pensou na localização do edifício na rua		
Fdn2	Desenhou as lojas						
Fdn3	Digitou a largura da rua						

(Segmento 2: Tipo A1) e comecei a desenhar a planta. Pensei em colocar os serviços juntos de um lado e a administração do outro lado, colocando a área de exposição central e maior. A circulação dos pedestres passaria a ser por dentro da área de exposições. Tive maior dificuldade em desenhar por falta de habilidade com o software, demorei a achar os comandos.

SEGMENTO 2– Tipo A1: Mencionando ou desenhando um espaço

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Delimitou o retângulo da planta	Prc1	Os serviços ficam juntos de um lado e a administração do outro lado	Fip1	A circulação de pedestres passaria a ser por dentro da área de exposições	Cap1	Maior dificuldade devido à falta de habilidade com o software
Fmm1	Moveu retângulo	Prle1	Pensou na relação entre os espaços				
Fdn2	Desenhou uma circunferência (cozinha)						
Fmm2	Moveu cozinha						
Fdn3	Desenhou um retângulo bwc						
Fmm3	Moveu bwc						

Fmr1	Apagou um pedaço da cozinha						
Fmr2	Apagou um pedaço do bwc						
Fdn4	Desenhou outro retângulo (administração)						
Fmm4	Moveu a administração						
Fdn5	Digitou os 4 nomes dos ambientes						

b. Comparação das variáveis: Número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador

Comparamos então, as médias e os desvios-padrão do número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa quando usando mídias distintas. Pudemos constatar que em média, o número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel (vide Tabela 5.7 abaixo). Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon também pudemos observar que esta diferença era estatisticamente muito significativa ($Z = -3.274$; significância = 0.000).

Tabela 5.7 - Estatística Descritiva – Comparação do N^o de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa (lápis X computador)

Variáveis	N ^o sujeitos	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
N^o de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel	18	4.9050	1.54831	2.17	7.80
N^o de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador	18	2.5222	1.07426	.87	4.71

Com base nos trechos de protocolos verbais apresentados anteriormente no subitem (a) deste item (vide as Tabelas 5.5 e 5.6) também podemos observar as diferenças das ações cognitivas físicas, perceptivas, funcionais e conceituais do mesmo sujeito. Visto que o sujeito acima (assim como os demais) não só apresentou um maior número de segmentos na tarefa com lápis como também apresentou um maior número de ações cognitivas físicas, perceptivas, funcionais e conceituais.

c. Comparação das variáveis: Número de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão do número de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa quando usando mídias distintas, observamos que, em média, o número de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel (vide Tabelas 5.8 abaixo). Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon também constatamos que esta diferença era estatisticamente muito significativa ($Z = -3.680$; significância = 0.000).

Tabela 5.8 - Estatística Descritiva - Comparação do N^o de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa (lápis X computador)

Variáveis	N ^o sujeitos	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Número de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel	18	2.7183	0.80372	1.24	3.80
Número de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador	18	1.5900	0.80329	0.53	3.29

d. Comparação das variáveis: Número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão do número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa quando usando mídias distintas, pudemos constatar que em média o número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel (vide Tabela 5.9 a seguir). Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon também pudemos observar que esta diferença era estatisticamente muito significativa ($Z = -3.550$; significância = 0.000).

Tabela 5.9 - Estatística Descritiva - Comparação do N^o de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa (lápis X computador)

Variáveis	N ^o de sujeitos	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel	18	1.1400	0.67749	0.33	3.10
Número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador	18	0.4306	0.23814	0.11	1.00

e. Comparação das variáveis: Número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão do número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa quando usando mídias distintas, observamos que em média o número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel (vide Tabela 5.10 abaixo). Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon também pudemos constatar que esta diferença era estatisticamente muito significativa ($Z = -3.550$; significância = 0.000).

Tabela 5.10 - Estatística Descritiva - Comparação do N^o de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa (lápis X computador)

Variáveis	N ^o de sujeitos	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel	18	1.0494	0.45752	0.21	1.86
Número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador	18	0.4994	0.31433	0.04	1.05

f. Conclusão

Os resultados, como pudemos constatar a partir das Tabelas bem como dos exemplos (trechos de protocolos verbais) acima apresentados, demonstraram uma diferença das médias entre as condições A (lápis e papel) e B (CAD) para todas as variáveis pesquisadas. Ao testarmos essas diferenças usando a Prova de Wilcoxon, também verificamos que essas diferenças eram estatisticamente bastante significantes para todas as variáveis pesquisadas. Sendo assim, consideramos que a hipótese nula - de nenhuma diferença significativa nas ações cognitivas dos arquitetos, na fase de concepção de projeto, quando utilizando-se de mídias distintas (lápis X CAD) - foi rejeitada. Bem como, que a nossa Hipótese Secundária 3 que afirma que: existem diferenças significativas entre as ações cognitivas dos arquitetos, na fase de concepção de projeto, quando estes utilizam mídias distintas (lápis X CAD) foi validada.

5.2.4. Testando a Hipótese Secundária 4

Testamos, então, nossa Hipótese secundária 4: O uso da **mídia tradicional** favorece uma **melhor compreensão do problema projetual**. A partir das observações pessoais dos sujeitos enquanto desenvolviam os projetos nas duas mídias, ficou claro que estes apresentavam uma melhor compreensão do problema projetual e chegavam a soluções de projeto mais rapidamente com a mídia tradicional (lápiz e papel).

A fim de testar esta hipótese comparamos as médias e desvios-padrão das variáveis abaixo discriminadas, usando uma estatística descritiva bem como a Prova de Wilcoxon:

a. Número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador;

b. Número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador;

c. Número de soluções na tarefa LÁPIS X Número de soluções na tarefa CAD.

A comparação entre variáveis dos subitens (a) e (b) já foi apresentada quando testamos nossa Hipótese Secundária 3, voltamos a usar estas comparações a fim de testarmos nossa Hipótese Secundária 4; mas, apenas reapresentaremos os resultados.

a. Comparação das variáveis: Número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão do número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa quando usando mídias distintas, pudemos constatar que em média o número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel. Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon (vide Tabela 5.9 no subitem (d) do item 5.2.3) também verificamos que esta diferença era estatisticamente muito significativa ($Z = -3.550$; significância = 0.000).

b. Comparação das variáveis: Número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e

papel X Número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão do número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa quando usando mídias distintas observamos que, em média, o número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel. Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon (vide Tabela 5.10 no subitem (e) do item 5.2.3) também pudemos constatar que esta diferença era estatisticamente muito significativa ($Z = -3.550$; significância = 0.000).

c. Comparação das variáveis: Número de soluções na tarefa LÁPIS X Número de soluções na tarefa CAD

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão dos números de soluções apresentadas pelos sujeitos, quando usando mídias distintas, pudemos observar que em média os sujeitos apresentaram mais soluções projetuais quando trabalhando usando lápis e papel (vide Tabela 5.11 abaixo). Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon observamos que estes eram estatisticamente significantes ($Z = -2.333$; significância = 0.020).

Tabela 5.11- Estatística Descritiva – Comparação do Número de soluções na tarefa (LÁPIS X CAD)

Variáveis	Nº de sujeitos	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Número de soluções na tarefa LÁPIS	18	1.67	0.594	1	3
Número de soluções na tarefa CAD	18	1.28	0.461	1	2

d. Conclusão

Os resultados, como pudemos constatar a partir das Tabelas acima apresentadas, demonstraram uma diferença das médias entre as condições A (lápis e papel) e B (CAD) para todas as variáveis pesquisadas. Ao testarmos essas diferenças usando a Prova de Wilcoxon, também pudemos observar que essas diferenças eram estatisticamente bastante significantes para todas as variáveis pesquisadas. Sendo assim, consideramos que a hipótese nula - de nenhuma diferença significativa na compreensão do problema projetual devido ao uso da mídia tradicional - foi rejeitada. Bem como, a nossa Hipótese secundária 4 que afirma que: O uso da mídia tradicional favorece uma melhor compreensão do problema projetual foi validada.

5.2.5. Testando a Hipótese Principal

A hipótese principal de nossa tese postula que na fase específica de concepção do projeto, a mídia tradicional (lápiz e papel) ainda apresenta vantagens sobre a mídia digital (computador) devido às limitações do estado da arte de *hardware* e *software* e das estratégias de abordagem atualmente adotadas pelos arquitetos em relação à mídia digital.

Após testarmos nossas hipóteses secundárias, que nos ajudaram a distribuir o argumento da hipótese principal, encontramos agora aptos a refletir sobre nossa hipótese central. A fim de testá-la comparamos as variáveis abaixo discriminadas (todas baseadas nas tarefas), usando estatísticas descritivas bem como a Prova de Wilcoxon:

- a. Domínio da ferramenta Lápiz X Domínio da ferramenta CAD;
- b. Número de soluções na tarefa LÁPIS X Número de soluções na tarefa CAD;
- c. Número de desenhos apresentados no final na tarefa LÁPIS X Número de desenhos apresentados no final na tarefa CAD;
- d. Tempo total em minutos da tarefa desenvolvida com lápis e papel X Tempo total em minutos da tarefa desenvolvida no computador;
- e. Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no lápis X Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador;
- f. Número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador;
- g. Média das notas dos três juízes na tarefa desenvolvida com lápis e papel X Média das notas dos três juízes na tarefa desenvolvida no computador.

a. Comparação das variáveis: Domínio da ferramenta Lápiz X Domínio da ferramenta CAD

Apesar de que 7 sujeitos apresentaram um domínio insuficiente da ferramenta CAD enquanto que apenas 1 sujeito apresentou um domínio insuficiente da ferramenta lápis e papel, ao utilizarmos a Prova Estatística de Wilcoxon (vide Tabela 5.12 a seguir) está diferença não se mostrou estatisticamente significativa ($Z = -1.592$; significância = 0.111). Isto deve-se ao fato da grande quantidade de categorias (quatro: insuficiente, suficiente, bom e muito bom) em relação ao pequeno número de sujeitos (dezoito). Ainda assim, contamos com outras variáveis estatisticamente significantes a fim de comprovarmos nossa hipótese. Para que o (a) leitor(a) possa se situar, convém reler a descrição apresentada acima, no item 5.2.2, do que consideramos ser um usuário insuficiente, suficiente, bom e muito bom.

Tabela 5.12 - Estatística Descritiva – Comparação do Domínio da ferramenta (Lápis X CAD)

Variáveis	Insuficiente	Suficiente	Bom	Muito bom	Total de Sujeitos
Domínio da ferramenta Lápis	1 (5,56%)	12 (66,67%)	1 (5,56%)	4 (22,22%)	18
Domínio da ferramenta CAD	7 (38,89%)	7 (38,89%)	2 (11,11%)	2 (11,11%)	18

b. Comparação das variáveis: Número de soluções na tarefa LÁPIS X Número de soluções na tarefa CAD

A comparação entre variáveis deste item já foi utilizada no subitem (c) do item 5.2.4 que analisava nossa Hipótese Secundária 4, visto que nossas Hipóteses Secundárias constituem-se em desdobramentos de nossa Hipótese Principal, apresentaremos agora apenas o resultado final desta análise, a análise mais detalhada pode ser vista no item acima citado.

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão dos números de soluções apresentadas pelos sujeitos quando usando mídias distintas, pudemos observar que em média os sujeitos apresentaram mais soluções projetuais quando trabalhando usando lápis e papel. Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon (vide Tabela 5.11 no subitem (c) do item 5.2.4) verificamos que estes eram estatisticamente significantes ($Z = -2,333$; significância = 0.02).

c. Comparação das variáveis: Número de desenhos apresentados no final na tarefa LÁPIS X Número de desenhos apresentados no final na tarefa CAD

Ao comparamos as médias e os desvios-padrão do número de desenhos apresentados pelos sujeitos no final da tarefa quando usando mídias distintas, constatamos que em média os sujeitos apresentaram um número muito maior de desenhos quando trabalhando usando lápis e papel (vide Tabela 5.13 abaixo). Portanto, os esboços a lápis foram muito mais densamente ordenados, do que os esboços no computador. No nível sintático, com o lápis houve uma média de 7,06 desenhos por seção, enquanto que no computador a média foi a de apenas 1,94 desenhos por seção. Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon pudemos observar que estes eram estatisticamente muito significantes ($Z = -3.533$; significância = 0.000).

Tabela 5.13 - Estatística Descritiva – Comparação do Nº de desenhos apresentados no final na tarefa (Lápis X CAD)

Variáveis	Nº de sujeitos	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Nº de desenhos apresentados no final na tarefa Lápis	18	7.06	5.567	1	24
Nº de desenhos apresentados no final na tarefa CAD	18	1.94	1.162	1	6

Exemplificaremos as diferenças entre o número de desenhos em cada ferramenta apresentando os resultados das tarefas de um mesmo sujeito com lápis e no computador (vide as figuras 5.9 e 5.10):

Figura 5.9 – Tarefa do sujeito SE1 desenvolvida com o Lápis

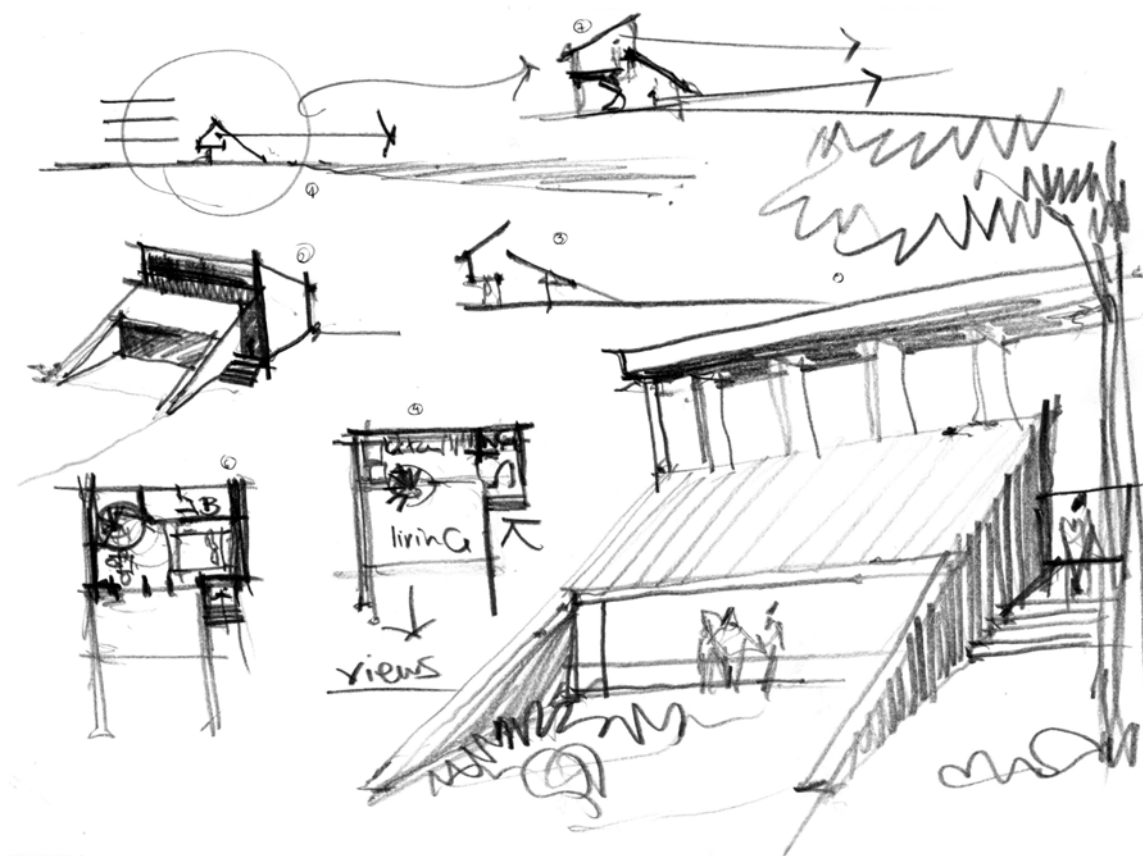
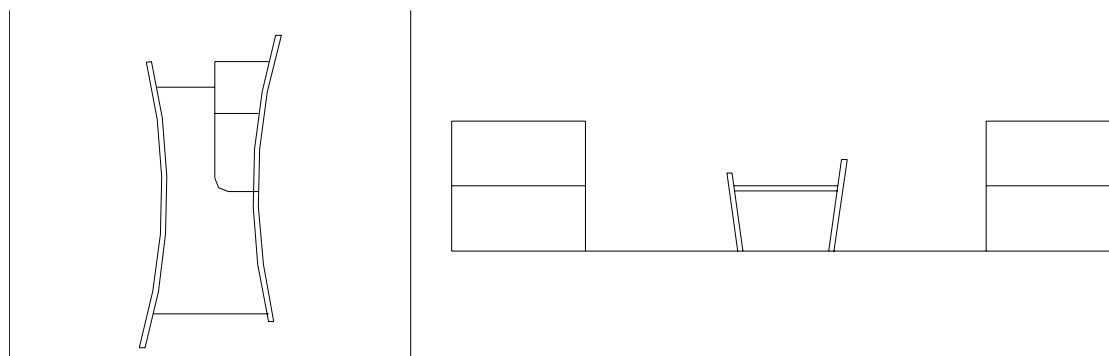


Figura 5.10 – Tarefa do mesmo sujeito (SE1) desenvolvida no computador



d. Comparação das variáveis: Tempo total em minutos da tarefa desenvolvida com lápis e papel X Tempo total em minutos da tarefa desenvolvida no computador

Comparando, então, as médias e os desvios-padrão do tempo total (em minutos) de desenvolvimento das tarefas quando usando mídias distintas, pudemos observar, também, que em média os sujeitos desenvolveram o projeto em um tempo menor quando usando lápis e papel (vide Tabela 5.14 abaixo). Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon percebemos que estes eram estatisticamente muito significantes ($Z = -3.055$; significância = 0.002).

Tabela 5.14 - Estatística Descritiva – Comparação do Tempo total da tarefa em minutos (lápis X computador)

Variáveis	Nº de sujeitos	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Tempo total em minutos da tarefa desenvolvida com lápis e papel	18	18.44	15.636	5	75
Tempo total em minutos da tarefa desenvolvida no computador	18	33.17	19.609	10	87

e. Comparação das variáveis: Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no lápis X Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador

A comparação entre os pares de variáveis deste subitem já havia sido feita a fim de testarmos nossa Hipótese Secundária 3 no subitem (a) do item 5.2.3. Voltamos a usar estas comparações a fim de testarmos nossa Hipótese Principal. No entanto, reapresentaremos apenas os resultados.

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão do número de segmentos do protocolo verbal dos sujeitos por minuto de tarefa quando usando mídias distintas, pudemos constatar que em média o número de segmentos do protocolo verbal dos sujeitos por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel. Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon (vide Tabela 5.4 do subitem (a) do item 5.2.3) pudemos observar que estes eram estatisticamente muito significantes ($Z = -3.376$; significância = 0.001).

f. Comparação das variáveis: Número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador

A comparação entre os pares de variáveis deste subitem também já havia sido feita a fim de testarmos nossa Hipótese Secundária 3 no subitem (b) do item 5.2.3. Voltamos a usar estas comparações a fim de testarmos nossa Hipótese Principal. No entanto, reapresentaremos apenas os resultados.

Comparando as médias e os desvios-padrão do número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa quando usando mídias distintas, pudemos constatar que em média o número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel. Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon (vide Tabela 5.7 do subitem (b) do item 5.2.3) também verificamos que esta diferença era estatisticamente muito significativa ($Z = -3.274$; significância=0.000).

g. Comparação das variáveis: Média das notas dos três juízes na tarefa desenvolvida a lápis e papel X Média das notas dos três juízes na tarefa desenvolvida no computador

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão das notas dadas pelos três juízes às tarefas quando mídias distintas foram usadas, observamos que - de acordo com a avaliação feita pelos juízes - em média, os sujeitos saíram-se melhor quando estiveram usando a mídia lápis e papel (vide Tabelas 5.15, 5.16, 5.17 e 5.18 a seguir) em todas as categorias analisadas. Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon também pudemos constatar que esta diferença era estatisticamente significativa em todas as categorias analisadas (vide Tabela 5.19): identidade (significância= 0.03); funcionalidade (significância= 0.006); dimensionamento (significância= 0.004); apresentação e representação gráfica (significância= 0.001); exequibilidade (significância= 0.011) e estética (significância= 0.010).

Tabela 5.15 – Notas atribuídas pelo Juiz 1

	1. Identidade		2. Funcionalidade		3. Dimensionamento		4. Apresent. e Represent. Gráfica		5. Exeqüibilidade		6. Estética	
	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD
SE1	4	2	4	2	4	4	3	2	2	2	3	1
SE2	1	2	2	3	2	4	1	2	1	3	1	1
SE3	4	4	2	1	2	1	3	3	2	1	2	3
SE4	2	1	2	1	3	1	2	1	3	1	2	1
SE5	4	1	4	2	4	2	3	3	3	2	4	1
SE6	4	1	4	3	3	3	3	1	3	1	4	1
SE7	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
SE8	1	1	3	1	3	2	2	1	1	1	1	1
SE9	3	1	2	1	4	1	4	1	3	1	1	1
SB10	4	3	3	3	4	3	4	2	4	2	4	1
SB11	3	3	4	2	4	3	4	3	3	3	1	1
SB12	5	4	4	1	4	1	5	3	4	3	5	4
SB13	2	1	3	1	3	1	2	1	2	1	3	1
SB14	3	4	3	3	3	3	3	3	2	4	3	4
SB15	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2	3	1
SB16	3	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
SB17	4	4	4	2	4	2	4	2	4	1	4	1
SB18	1	1	1	2	3	3	1	2	1	1	2	1

Tabela 5.16 - Notas atribuídas pelo Juiz 2

	1. Identidade		2. Funcionalidade		3. Dimensionamento		4. Apresent. e Represent. Gráfica		5. Exeqüibilidade		6. Estética	
	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD
SE1	5	5	5	4	4	4	5	2	5	4	5	4
SE2	2	1	3	4	2	4	2	2	1	1	2	1
SE3	3	2	3	4	3	3	4	2	1	1	2	2
SE4	3	1	2	2	3	2	2	2	2	1	2	1
SE5	5	1	4	2	5	3	5	2	4	1	5	1
SE6	5	1	4	2	3	3	4	2	4	1	4	1
SE7	3	3	4	4	5	4	3	4	4	3	3	3
SE8	1	1	2	2	2	3	2	2	1	1	1	1
SE9	1	1	2	2	3	2	3	3	4	3	1	1
SB10	3	1	4	3	4	4	5	2	5	2	4	1
SB11	1	1	2	4	4	4	3	3	2	1	1	1
SB12	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4	5	4
SB13	4	1	3	2	4	2	2	2	3	1	4	1
SB14	3	5	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4
SB15	2	1	2	2	3	2	2	2	1	1	2	2
SB16	2	1	4	1	3	2	2	2	1	1	2	1
SB17	4	4	3	4	4	3	4	2	5	3	4	3
SB18	1	1	4	3	3	3	3	2	1	1	1	1

Tabela 5.17 - Notas atribuídas pelo Juiz 3

	1. Identidade		2. Funcionalidade		3. Dimensionamento		4. Apresent. e Represent. Gráfica		5. Exeqüibilidade		6. Estética	
	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD
SE1	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	3	3
SE2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
SE3	2	2	2	2	2	2	3	2	3	3	1	1
SE4	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1
SE5	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	2	2
SE6	3	2	3	3	3	3	3	1	3	3	3	2
SE7	2	3	4	3	4	3	3	2	3	3	2	2
SE8	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3
SE9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
SB10	4	2	4	2	4	3	4	2	4	1	4	1
SB11	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2
SB12	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3
SB13	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1
SB14	5	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4
SB15	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	1	2
SB16	1	3	2	1	3	3	2	3	3	3	2	3
SB17	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3
SB18	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	2	2

Tabela 5.18 - Média das Notas dos 3 Juízes

	1. Identidade		2. Funcionalidade		3. Dimensionamento		4. Apresent. e Represent. Gráfica		5. Exeqüibilidade		6. Estética	
	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD
SE1	4,33	3,33	4,33	2,67	4,00	3,33	4,00	2,33	3,33	2,67	3,67	2,33
SE2	1,33	1,33	2,33	2,67	2,00	3,33	1,67	1,67	1,00	1,67	1,33	1,00
SE3	3,00	2,67	2,33	2,33	2,33	2,00	3,33	2,33	2,00	1,67	1,67	2,00
SE4	2,33	1,33	2,00	1,67	2,67	1,33	1,67	1,33	2,33	1,00	1,67	1,00
SE5	4,00	1,33	3,67	2,33	4,00	2,67	3,33	2,67	3,00	2,00	3,67	1,33
SE6	4,00	1,33	3,67	2,67	3,00	3,00	3,33	1,33	3,33	1,67	3,67	1,33
SE7	2,33	3,00	3,67	3,33	4,00	3,33	2,67	2,67	3,00	2,67	2,33	2,33
SE8	1,33	1,67	2,33	2,00	2,67	2,33	2,33	2,00	1,67	1,67	1,33	1,67
SE9	2,33	1,67	2,33	2,00	3,33	2,00	3,33	2,33	3,33	2,33	1,33	1,33
SB10	3,67	2,00	3,67	2,67	4,00	3,33	4,33	2,00	4,33	1,67	4,00	1,00
SB11	2,00	2,00	3,00	2,67	3,67	3,33	3,00	2,67	2,67	2,33	1,33	1,33
SB12	4,67	4,00	3,67	3,00	3,67	3,00	4,33	3,67	4,00	3,33	4,33	3,67
SB13	2,33	1,00	2,67	1,33	3,00	1,67	2,00	1,67	2,33	1,00	2,67	1,00
SB14	3,67	4,33	3,33	3,33	3,67	3,67	3,67	3,33	3,00	4,00	3,67	4,00
SB15	2,00	2,00	2,33	2,33	2,67	2,00	2,33	2,00	2,33	2,00	1,67	1,67
SB16	2,00	2,33	2,33	1,00	2,33	2,00	2,00	2,33	2,00	2,00	2,00	2,00
SB17	3,67	3,67	3,33	2,67	4,00	2,67	4,00	2,33	4,33	2,33	3,67	2,33
SB18	1,67	1,33	2,33	2,67	3,00	2,67	2,33	2,00	1,67	1,67	1,67	1,33
Média Todos	2,81	2,24	2,96	2,41	3,22	2,65	2,98	2,26	2,76	2,09	2,54	1,81

Tabela 5.19 - Prova de Wilcoxon: Significância da diferença (lápiz X computador) em relação a média das notas dos juízes para todas as categorias analisadas

CAD X LÁPIS nas 6 categorias analisadas	Z	Significância (bi-caudal)
Média das notas dos 3 juízes na tarefa no computador - categoria: identidade X Média das notas dos 3 juízes na tarefa com lápiz e papel - categoria: identidade	-2.169 ^a	0.03
Média das notas dos 3 juízes na tarefa no computador - categoria: funcionalidade X Média das notas dos 3 juízes com lápiz e papel - categoria: funcionalidade	-2.735 ^a	0.006
Média das notas dos 3 juízes na tarefa no computador - categoria: dimensionamento X Média das notas dos 3 juízes na tarefa com lápiz e papel - categoria: dimensionamento	-2.866 ^a	0.004
Média das notas dos 3 juízes na tarefa no computador - categoria: apresentação e representação gráfica X Média das notas dos 3 juízes na tarefa com lápiz e papel - categoria: apresentação e representação gráfica	-3.357 ^a	0.001
Média das notas dos 3 juízes na tarefa no computador - categoria: exeqüibilidade X Média das notas dos 3 juízes na tarefa com lápiz e papel - categoria: exeqüibilidade	-2.533 ^a	0.011
Média das notas dos 3 juízes na tarefa no computador - categoria: estética X Média das notas dos 3 juízes na tarefa com lápiz e papel - categoria: estética	-2.591 ^a	0.010

a) Baseado nos postos positivos

Apresentaremos, como exemplos, as duas tarefas e trechos dos protocolos verbais do sujeito SB12 que apresentou a maior média geral na tarefa com lápis (4,11) e a maior média geral na tarefa no computador (3,45) (vide figuras 5.11 e 5.12 e Tabelas 5.20 e 5.21). Também apresentaremos a seguir, como exemplo, a tarefa desenvolvida com lápis e trecho do protocolo verbal do sujeito SE2 que apresentou a menor média geral na tarefa com lápis (1,61) (vide figura 5.13 e Tabela 5.22) bem como a tarefa desenvolvida no computador e trecho do protocolo verbal do sujeito SE4 que apresentou a menor média geral na tarefa no computador (1,27) (vide figura 5.14 e Tabela 5.23).

Figura 5.11 – Tarefa do sujeito SB12 desenvolvida com lápis – maior média geral

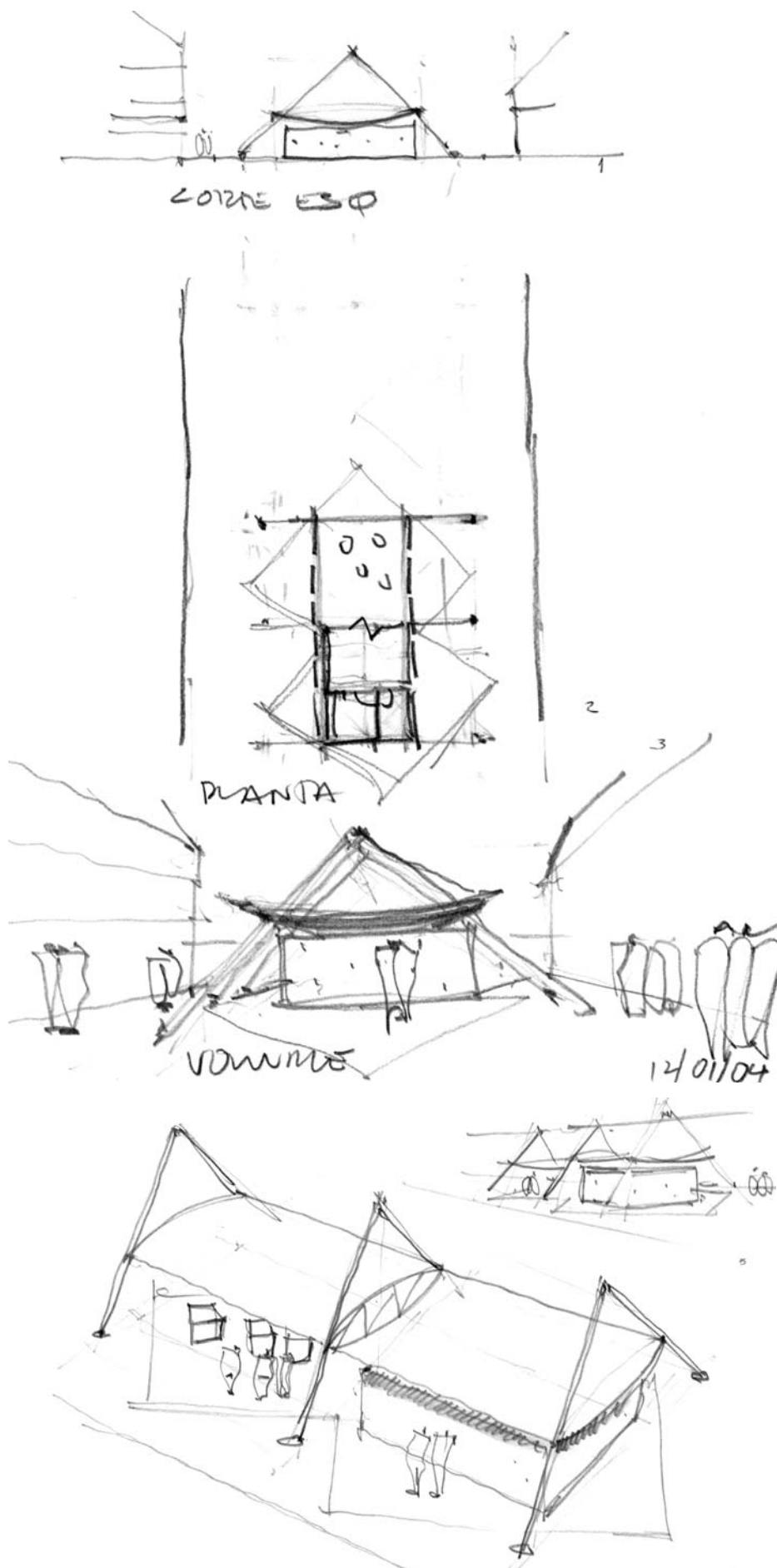


Tabela 5.20 - Trecho do protocolo verbal do sujeito SB12 na tarefa com lápis – maior média geral - (tempo total da tarefa = 20 minutos; nº. total de segmentos = 9; 0,45 segmentos por minuto de tarefa)

(Segmento 1: Tipo D1) O procedimento foi o mesmo, né? Eu comecei a ver uma coisa que não interfira muito, que seja leve, aí você tem o conceito né? Uma cobertazinha bem simples que não tire a visão do entorno, aí de qualquer forma eu quis fazer um contraste do antigo com o novo, uma tecnologia mais moderna,

SEGMENTO 1 – Tipo D1: Associando relações globais (espaço privado x entorno)

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
				Fp1	Função da coberta: não tirar a visão do entorno	Cap1	O procedimento foi o mesmo
				Fp2	Pensou no entorno	Cdm1	Uma coisa que não interfira muito
						Cdm2	Que seja leve
						Cdm3	Uma coberta simples, não tirar a visão do entorno
						Cdm4	Fazer um contraste do antigo com o novo (usando uma tecnologia mais moderna)

(Segmento 2: Tipo A5) Como você falou no espaço urbano e a rua a primeira coisa foi o corte, noção de altura né, a largura.

SEGMENTO 2 – Tipo A5: Mencionando ou desenhando um espaço e dimensionando

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou corte esq. da rua	Prcl	Observando a relação entre o edf. e o entorno	Fip1	Pensou nas alturas e larguras		
Fdn2	Desenhou o edf. na rua	Prle1	Locou o edf. na rua				

(Segmento 3: Tipo A1) No corte eu já comecei a pensar nessa coberta, leve como uma tenda, e comecei a pensar nos módulos dessa coberta; daí, senti a necessidade de representar em planta.

SEGMENTO 3 – Tipo A1: Mencionando ou desenhando um espaço

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou rua em planta	Prle1	Locou o edf. na rua	Fip1	Pensou na coberta	Cdm1	Coberta leve, como uma tenda
Fdn2	Desenhou coberta (2 módulos quadrados)						
Fmr1	Reduziu coberta						
Fdn3	Desenhou estrutura da coberta						

Figura 5.12 – Tarefa do mesmo sujeito SB12 desenvolvida no computador - maior média geral

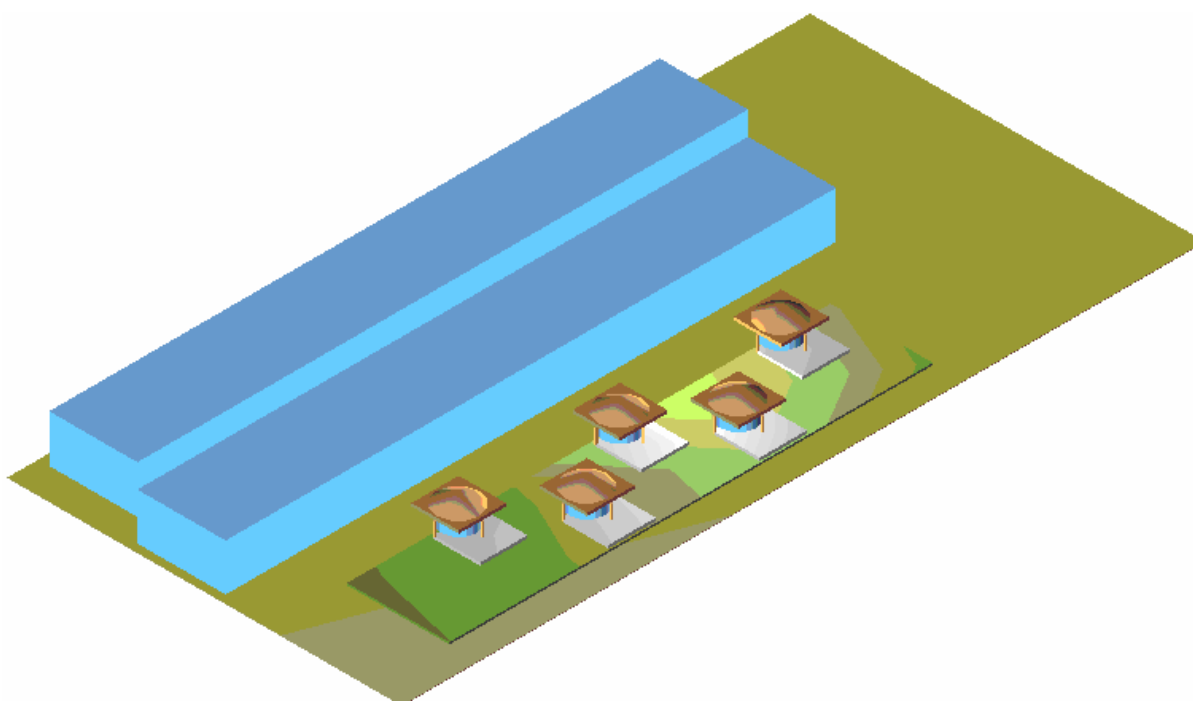
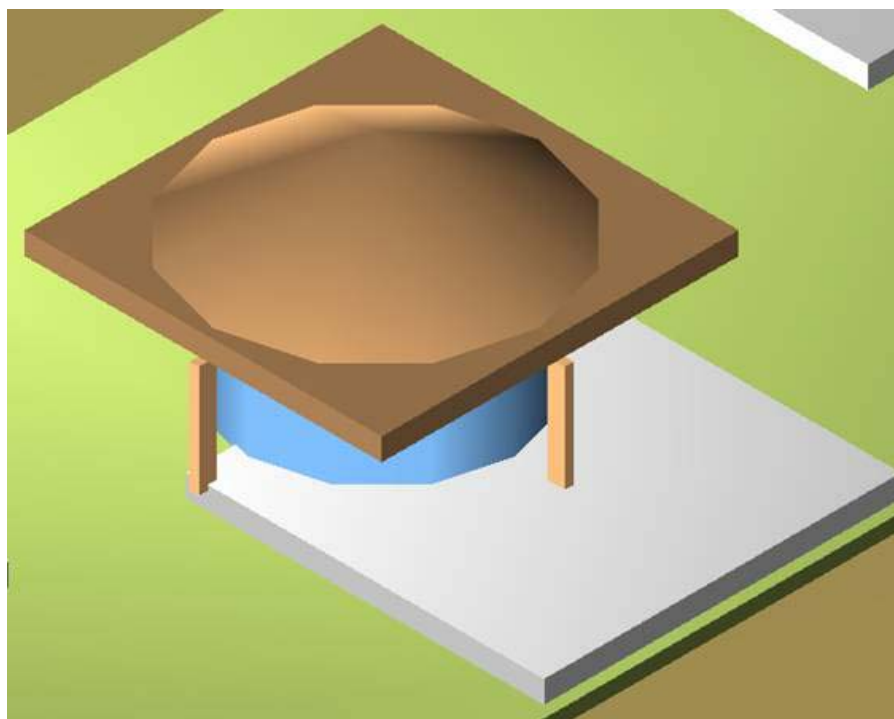


Tabela 5.21- Trecho do protocolo verbal do sujeito SB12 na tarefa no computador – maior média geral - (tempo total da tarefa = 41 minutos; nº. total de segmentos = 5; 0,12 segmentos por minuto de tarefa)

(Segmento 1: Tipo A1) Bom, o bangalô... evidentemente pra utilizar as ferramentas do computador, que na verdade é aí onde eu acho que tá uma restrição, porque até as formas tem que trabalhar de outra maneira; mas, concebendo dentro dele com a linguagem gráfica que ele tem pode oferecer boas soluções. Dividi os espaços: quarto, sala, banheiro, com uma cozinha bastante simples mas já tendo aquelas questões de projeto que a gente tem, né? A

plantinha baixa onde teria assim uma maior visualização, os pilares fora dos quatro cantos né? Aqui, criei um grande espaço, uma esperazinha, o ambiente do quarto mesmo com cama, aqui a copa e o banheiro.

SEGMENTO 1 – Tipo A1: Mencionando ou desenhando um espaço

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou um quadrado (base e terraço)	Prc1	Relação entre o espaço interno e a praia	Fip1	Representou as funções dos espaços internos	Cap1	No computador tem que trabalhar as formas de outra maneira
Fdn2	Desenhou 2 retas dividindo quadrado em 4 partes iguais	Pcn1	Observando o tamanho dos espaços	Fip2	Pensou na estrutura	Cap2	Usando a linguagem gráfica que ele tem pode gerar boas soluções
Fdn3	Desenhou uma circunferência circunscrita ao quadrado	Prc2	Dividiu e relacionou os espaços internos			Crc1	Tendo as questões de projeto que a gente tem
Fmd1	Apagou a circunferência	Prc3	Reviu a relação entre os espaços internos			Cdm1	Maior visualização
Fdn4	Desenhou uma circunferência dentro do quadrado (planta circular)	Prlo1	Locou pilares				
Fmd2	Apagou trechos das 2 retas internas						
Fdn5	Desenhou outras 2 retas						
Fmd3	Apagou trecho de 1 reta						
Fdn6	Deu 'offset' nas retas dando espessura às paredes						
Fdn7	Desenhou os 4 pilares						
Fmd	Apagou uma reta						
Fdn8	Desenhou outra reta						
Fdn9	Desenhou outra reta						

(Segmento 2: Tipo G) Com a divisão básica da planta, parti pra volumetria. Aqui tem uma característica minha que é espaço – volume, eu não me ative na planta, a planta só foi esquemática, preciso da perspectiva. O detalhamento interno eu só faço depois. Eu quis mais criar a volumetria, é um terracinho todo em volta, você vai ver aqui..., os pilarezinhas, uma cobertazinha com uma aplicação de material que seria a palha aqui em cima, uma laje em geral e um terracinho que circula, né?

SEGMENTO 2 – Tipo G: Perspectiva do objeto arquitetônico

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Extrudou os pilares	Pc3d1	Observou o volume do bangalô	Fip1	Pensou na estrutura	Cap1	Preciso da perspectiva
Fmr1	Pintou pilares de marrom	Pcn1	Observou os materiais	Fip2	Pensou no volume	Cap2	Detalhamento interno depois
Fdn2	Desenhou laje da cobertura em 3D	Pcn2	Observou a forma da cobertura	Fip3	Pensou em materiais		
Fmr2	Pintou a cobertura de marrom			Fip4	Pensou na cobertura		
Fdn3	Extrudou parede ext. circular						

Fmr3	Pintou parede de azul						
Fdn4	Extrudou piso terraço						
Fmr4	Pintou terraço de azul						
Fmr5	Pintou terraço de verde						
Fdn5	Desenhou cúpula sobre a laje da coberta						

(Segmento 3: Tipo C1) Daí, primeiro eu tentei rotacionar o volume né? mas, aí depois eu deixei assim mesmo. Aí tentei jogar o terraço todo pra visão do mar... A idéia é essa: 4 pilares, bem levezinho, com uma mistura em concreto e palha, o volume do quarto é circular, na verdade... então com isso criei o quiosque.

SEGMENTO 3 – Tipo C1: Transformação de uma idéia ou de um espaço

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fmm1	Rotacionou o volume	Pcn1	Observou os materiais	Fip1	Pensou na estrutura	Cdm1	Terraço todo p/ visão do mar
Fmm2	Voltou à posição inicial	Pcn2	Observou o volume do quarto	Fip2	Função do terraço: ver o mar	Cdm2	Bem levezinho
Fmm1	Moveu o terraço					Cdm3	Mistura de materiais
Fmm2	Moveu os pilares						

Figura 5.13 – Tarefa do sujeito SE2 desenvolvida com lápis - menor média geral



Tabela 5.22 - Trecho traduzido do protocolo verbal do sujeito SE2 na tarefa com lápis – menor média geral - (tempo total da tarefa = 5 minutos; nº. total de segmentos = 5; 1 segmento por minuto de tarefa)

(Segmento 1: Tipo D1) Eu primeiro pensei que este bangalô não deveria ser muito grande por estar na frente do hotel, para não bloquear a vista.

SEGMENTO 1 – Tipo D1: Associando relações globais (espaço privado x entorno)

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou o mar	Pcn1	Tamanho do bangalô	Fip1	Não bloquear a vista	Cdm1	O bangalô não deve ser muito grande
Fdn2	Desenhou o bangalô	Prle1	Locou bangalô em relação ao hotel				
Fdn3	Desenhou o hotel						

(Segmento 2: Tipo A3) E depois eu pensei sobre planos que você possa ver o lado de fora, pensei primeiro no pavimento térreo, pensando em colocar a cozinha atrás e em um nível um pouco abaixo do estar com uma prateleira ou balcão para passar os pratos.

SEGMENTO 2 – Tipo A3: mencionando ou desenhando um espaço e colocando objetos

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou a planta do pavto. Térreo	Prc1	Estar na frente, cozinha atrás	Fip1	Função do balcão = passar pratos	Cdm1	Ver o lado de fora
Fdn2	Dividiu em 2 espaços	Prc2	Cozinha em um nível um pouco abaixo	Fip2	Função dos planos= vista		
Fdn3	Desenhou a escada	Prlo1	Balcão na cozinha				

(Segmento 3: Tipo A3) Em seguida eu desenhei um esquema da fachada frontal com bastante aberturas para ventilação e para ver o mar.

SEGMENTO 3 – Tipo A3: mencionando ou desenhando um espaço e colocando objetos

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Delimitou a fachada			Fip1	Função das aberturas = ver o mar e ventilação		
Fdn2	Desenhou as janelas e portas na fachada						

Figura 5.14 – Tarefa do sujeito SE4 desenvolvida no computador- menor média geral

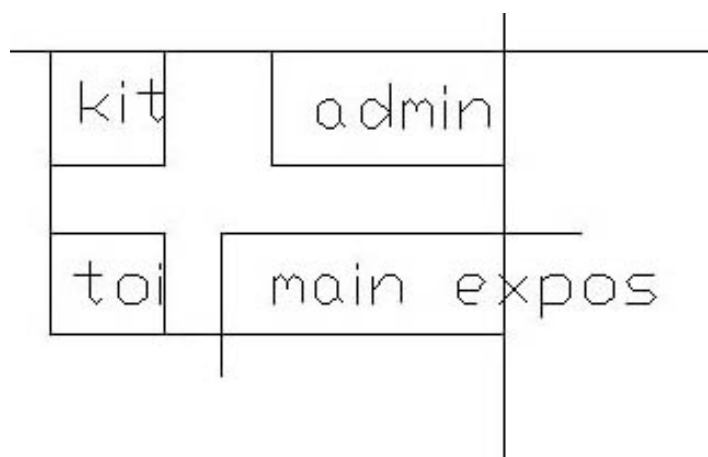


Tabela 5.23 - Protocolo verbal completo e traduzido do sujeito SE4 na tarefa no computador – menor média geral - (tempo total da tarefa = 12 minutos; nº. total de segmentos = 2; 0,17 segmentos por minuto de tarefa)

(Segmento 1: Tipo A5) Primeiramente eu achei mais difícil pra mim, eu tentei começar da mesma forma que havia feito na tarefa anterior: começando a definir a área de 8 x 5 m, mas eu acho mais difícil desenhar no computador.

SEGMENTO 1 – Tipo A5: Mencionando ou desenhando um espaço e dimensionando

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou 1º. retângulo	Pcn 1	Pensou na forma da planta			Cap 1	Mais difícil desenhar no comput.
Fdn2	Desenhou 2º. retângulo						
Fdn3	Desenhou 3º. retângulo						
Fmd1	Apagou 3º. retângulo						
Fdn4	Desenhou 4º. retângulo						
Fmr1	Girou 4º. retângulo						
Fmd1	Apagou 2º. retângulo						
Fmm1	Moveu 4º. retângulo						
Fdn5	Desenho 3 retas contínuas						
Fdn6	Desenhou uma linha						
Fmm2	Moveu esta linha						
Fdn7	Criou outra linha ao lado						
Fdn8	Desenhou outra linha						

(Segmento 2: Tipo A5) Depois disso eu comecei a pensar em como organizar as quatro áreas neste retângulo e ao mesmo tempo definir a área de circulação. Eu decidi por a cozinha e o banheiro na parte de trás cada um em um canto e a administração e a exposição principal na parte da frente também cada um em um canto. Eu penso que a área de exposição principal deveria ser o maior espaço seguido pela administração e a cozinha e o banheiro deveriam ser menores que a administração.

SEGMENTO 2 – Tipo A5: Mencionando ou desenhando um espaço e dimensionando

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou um retângulo	Prle1	Como locar as 4 áreas neste retângulo relacionando-os entre si	Fip1	Pensou nas funções dos espaços internos	Cdm1	Área de exposição deveria ser o maior espaço seguido pela administração

Fdn2	Desenhou outro retângulo	Prc1	Exposição e administração na frente, cozinha e banheiro atrás				
Fmd1	Apagou 1 retângulo	Pie1	Surgiu a circulação				
Fdn3	Desenhou outro retângulo						
Fmr1	Girou retângulo						
Fmd2	Apagou retângulo						
Fmm1	Moveu retângulo						
Fdn4	Desenhou 3 retas contínuas						
Fdn5	Desenhou 1º. reta						
Fmm2	Moveu esta reta						
Fdn6	Criou outra reta ao lado						
Fdn7	Desenhou 2º. reta						
Fdn8	Desenhou 3º. reta						
Fmd3	Apagou as 3 retas contínuas						
Fdn8	Desenhou 4º. reta						
Fdn9	Desenhou 5º. reta						
Fmd3	Pedaços de várias retas						
Fdn10	Desenhou mais 2 retas						
Fdn11	Estendeu o retângulo do bwc						
Fmm3	Moveu as 2 últimas retas criadas						
Fdn12	Digitou administração						
Fmr1	Reduziu o tamanho da palavra (scale)						
Fco1	Copiou a palavra administração 3 vezes						
Fmr2	Mudou propriedades das outras 3 palavras 'administração' para: cozinha, bwc e área de exposição						

h. Conclusão

A partir da comparação das variáveis acima discriminadas segundo duas condições distintas (usando lápis e papel e usando computador) e após a aplicação dos testes estatísticos, a hipótese nula - de nenhuma diferença significativa no comportamento dos sujeitos para o processo de concepção projetual usando CAD e usando LÁPIS - foi rejeitada.

Ao compararmos nossas variáveis, observamos que quando os sujeitos pesquisados trabalharam usando a mídia lápis e papel, estes apresentaram em média: (1) um melhor domínio da ferramenta; (2) um maior número de soluções de projeto; (3) um maior número de desenhos; (4) um tempo menor para desenvolvimento da tarefa; (5) um maior número de segmentos no protocolo verbal; (6) um maior número de ações cognitivas no protocolo verbal

e (7) melhores médias na avaliação dos juízes para todas as categorias analisadas. Ao testarmos estatisticamente estas diferenças entre as duas mídias observamos que com exceção da primeira (um melhor domínio da ferramenta), todas as diferenças eram estatisticamente significantes. Sendo assim, nossa Hipótese Principal que postula que: na fase específica de concepção do projeto, a mídia tradicional (lápiz e papel) ainda apresenta, na população estudada, vantagens sobre a mídia digital (computador) devido às limitações do estado da arte de *hardware* e *software* e das estratégias de abordagem atualmente adotadas pelos arquitetos em relação à mídia digital foi validada.

5.3. Análise Geral das Tarefas

5.3.1. Observações sobre as Tarefas

Comparando o espaço do problema entre as duas mídias usadas, a primeira coisa a ser notada é que há uma diferença estatisticamente significativa na média de duração das seções (vide Tabela 5.24). Em relação ao tempo de desenvolvimento da tarefa, os projetistas levaram em média mais tempo para desenvolver a tarefa na mídia digital (33,17 minutos) enquanto que na mídia tradicional eles desenvolveram a tarefa levando em média 18,44 minutos (vide Tabela 5.24). Por não observarmos uma diferença cultural significativa evitamos apresentar comparações entre os sujeitos brasileiros e estrangeiros.

Utilizamos a Prova de Wilcoxon a fim de compararmos as tarefas desenvolvidas no computador por todos os sujeitos com as tarefas desenvolvidas com lápis por todos os sujeitos (usando média e desvio-padrão).

Tabela 5.24 - Duração média das seções em minutos

Duração média das seções em minutos	Lápis	Computador
Todos os sujeitos	18,44	33,14
Sujeitos brasileiros	25,55	38,33
Sujeitos estrangeiros	11,33	28,00

a. Prova de Wilcoxon para duas amostras relacionadas para comparar as variáveis: Tempo total em minutos da tarefa desenvolvida com lápis e papel X Tempo total em minutos da tarefa desenvolvida no computador (em relação a todos os sujeitos)

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão do tempo total (em minutos) de desenvolvimento das tarefas quando usando mídias distintas, observamos que em média os sujeitos desenvolveram o projeto em um tempo menor quando usando lápis e papel. Já havíamos observado isso ao testarmos nossa hipótese principal. Ao testarmos este resultado a

partir da Prova de Wilcoxon (vide Tabela 5.14 no subitem (d) do item 5.2.5) verificamos que este era estatisticamente muito significativo ($Z = -3.055$; significância = 0.002).

Na UFPE, no Brasil, quando foi pedido aos projetistas que selecionassem o *software* com o qual desenvolveriam a tarefa, 100% deles escolheram o AutoCAD para projetar. Na Universidade de Sheffield dos nove projetistas, cinco (55,55 %) escolheram o AutoCAD e quatro (44,44 %) escolheram o VectorWorks. Vale a pena salientar que um dos *softwares* adotado e ensinado aos alunos na UFPE é o AutoCAD bem como o VectorWorks é o *software* adotado e ensinado aos alunos na Universidade de Sheffield e os alunos que, estando na Inglaterra, optaram por trabalhar com o AutoCAD, eram estrangeiros fazendo pós-graduação. O único inglês que optou por trabalhar com o AutoCAD havia se graduado em outra Universidade onde era comum a utilização do AutoCAD. Observamos assim, a influência da formação acadêmica nas escolhas dos *softwares* pelos profissionais.

Os projetistas, em sua maioria, perceberam os sistemas CAD como sendo menos produtivo à fase de esboço de concepção. Isto pode ser atribuído tanto a problemas com *software* e *hardware* como à falta de domínio do *software* utilizado por parte dos sujeitos. Primeiramente, a maioria dos *software* CAD falharam em incorporar a atividade de esboço e, conseqüentemente, forneceram muito pouco em termos de menus computadorizados e comandos para esboços desestruturados e à mão livre. Em segundo lugar, os dispositivos de *input*, como o mouse e o teclado, diferentemente do lápis, são difíceis de manejar e de se ‘interagir com’.

Dos dezoito projetistas que participaram da pesquisa, apenas um não apresentou um domínio suficiente do uso do lápis de modo a comprometer a representação de suas idéias enquanto que no computador, sete projetistas não apresentaram domínio suficiente da ferramenta prejudicando, assim, o desenvolvimento de suas idéias (vide Tabela 5.25 abaixo). Isto sugere que os sujeitos apresentaram dificuldade em usar a mídia digital, embora que ao aplicarmos a Prova de Wilcoxon quando testamos nossa hipótese principal (vide Tabela 5.12 no subitem (a) do item 5.2.5) observamos que esta diferença não se apresentou significativa ($Z = -1.542$; significância = 0.111). Talvez, se aumentássemos o número de sujeitos pesquisados pudessemos obter um resultado mais significativo.

Apresentamos uma descrição do que consideramos um usuário com desempenho insuficiente, suficiente, bom e muito bom da ferramenta no item 5.2.2.

Tabela 5.25 - Percentagem de sujeitos que apresentaram um domínio insuficiente da ferramenta

Percentagem de sujeitos com domínio insuficiente da ferramenta	LÁPIS	CAD
Todos os sujeitos	5,55%	38,89%

b. Prova de Wilcoxon para duas amostras relacionadas para comparar as variáveis: Domínio da ferramenta Lápis X Domínio da ferramenta CAD (em relação a todos os sujeitos)

Já havíamos apresentado esta comparação ao testarmos nossa Hipótese Principal. Apesar de que 7 sujeitos apresentaram um domínio insuficiente da ferramenta CAD enquanto que apenas 1 sujeito apresentou um domínio insuficiente da ferramenta lápis e papel, ao utilizarmos a Prova Estatística de Wilcoxon (vide Tabela 5.12 no subitem (a) do item 5.2.5) esta diferença não se mostrou estatisticamente significativa ($Z = -1.542$; significância = 0.111). Isto, provavelmente, deve-se ao fato da grande quantidade de categorias (quatro: insuficiente, suficiente, bom e muito bom) em relação ao pequeno número de sujeitos (dezoito).

No computador, os projetistas limitaram-se a usar formas ortogonais ou formas geométricas regulares. Muitas vezes, a escolha das formas baseava-se na facilidade de representação bem como a falta de domínio do *software* limitou e comprometeu a solução arquitetônica.

c. Prova de Wilcoxon para duas amostras relacionadas para comparar as Variáveis: Quais plantas apresentou no projeto com Lápis X Quais plantas apresentou no projeto no CAD (em relação a todos os sujeitos)

Ao compararmos as plantas que foram apresentadas quando os sujeitos usaram mídias distintas, pudemos observar que a maioria dos projetistas, quando utilizando o lápis e o papel, usaram representações múltiplas para construir a configuração espacial. Doze deles apresentaram plantas e perspectivas, às vezes combinadas com cortes e/ou fachadas, quatro deles apresentaram plantas e cortes e/ou fachadas e apenas dois projetistas representaram seus projetos unicamente através de plantas baixas. Em contrapartida, quando utilizando-se da mídia digital, a maioria dos projetistas (dez deles) representaram seus projetos usando apenas plantas baixas; cinco projetistas apresentaram plantas e perspectivas, às vezes combinadas com cortes e/ou fachadas e três deles apresentaram plantas e cortes e/ou fachadas (vide Tabela 5.26).

Tabela 5.26 - Percentagem de sujeitos que representou apenas plantas baixas

Percentagem de sujeitos que representou apenas plantas baixas	LÁPIS	CAD
Todos os sujeitos	11,11%	55,56%
Sujeitos brasileiros	11,11%	44,44%
Sujeitos estrangeiros	11,11%	66,67%

Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon (vide Tabela 5.27 abaixo) pudemos observar que estas diferenças entre as médias eram estatisticamente muito significantes (significância=0.004).

Tabela 5.27 - Prova de Wilcoxon: Significância da comparação entre as plantas apresentadas (lápiz X CAD)

Quais plantas apresentou no projeto a Lápiz X Quais plantas apresentou no projeto no CAD	Z	Significância (bi-caudal)
	-2.879 ^a	0.004

a) Baseado nos postos negativos

Exemplificaremos o caso acima a partir da apresentação das tarefas de um mesmo sujeito no computador e no lápis (vide figuras 5.15 e 5.16).

Figura 5.15 – Tarefa do sujeito SB10 desenvolvida no computador

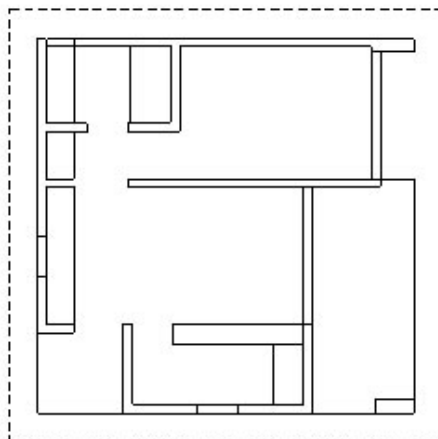
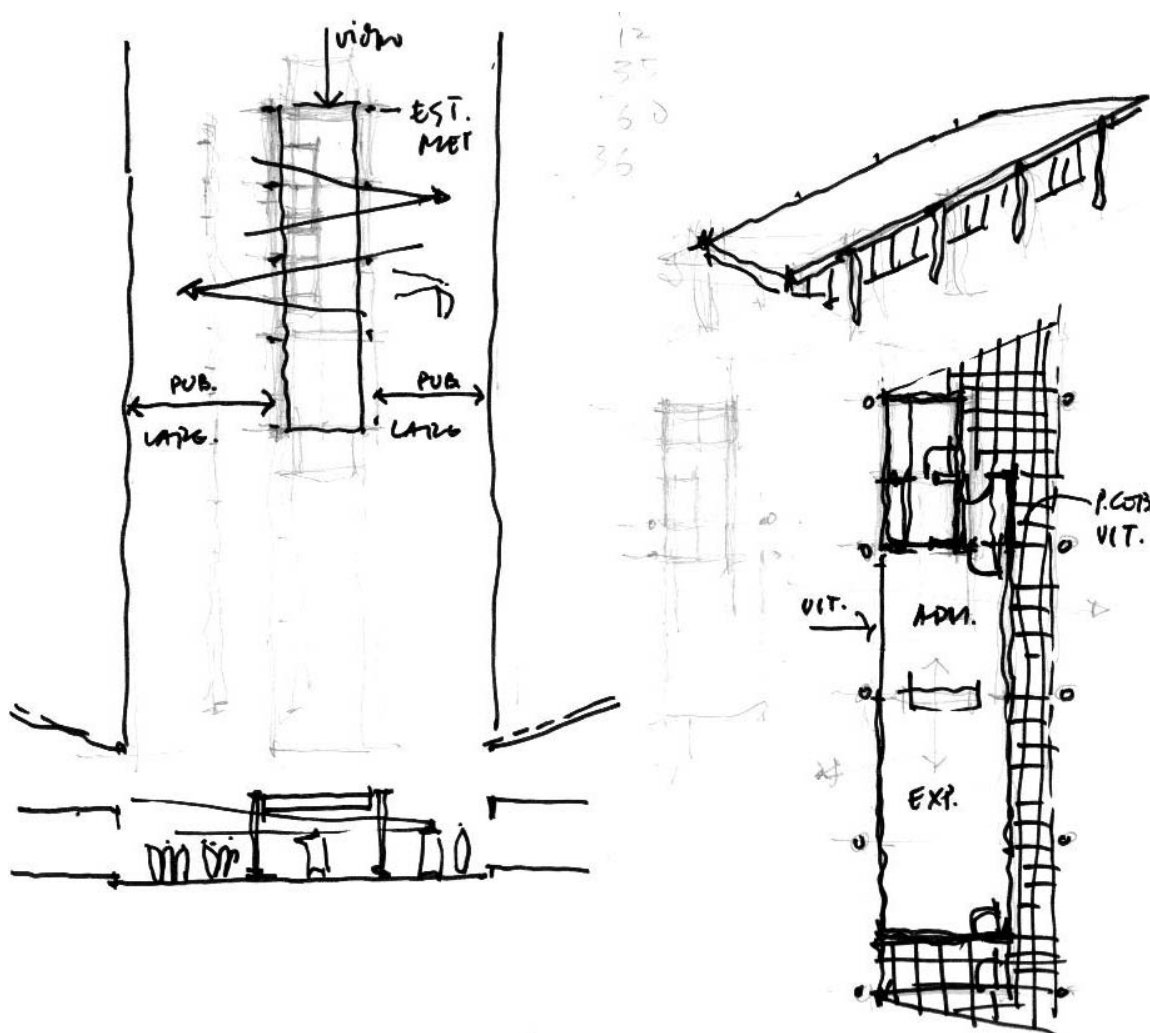


Figura 5.16 – Tarefa do sujeito SB10 desenvolvida com lápis



Alguns projetistas na mídia a lápis usaram formas esquemáticas de representação, como o diagrama de bolhas ou outras formas geométricas. Era comum observarmos que os projetistas passavam bastante tempo parados, refletindo diante da tela do computador, enquanto que na mídia tradicional estes encontravam-se sempre rabiscando. Muitas ações físicas não ficam registradas no computador, pois o hábito de apagar é muito mais freqüente nesta mídia do que no lápis e papel.

d. Prova de Wilcoxon para duas amostras relacionadas para comparar as Variáveis: Número de soluções na tarefa CAD X Número de soluções na tarefa Lápis (em relação a todos os sujeitos)

O número de soluções apresentadas também foi diferente entre as duas mídias. Já apresentamos esta comparação ao testarmos nossa Hipótese Principal. No esboço à mão livre quando uma nova idéia surge, rapidamente se segue um número de variações da mesma. Estas variações expandem o espaço do problema. No computador quando uma idéia é gerada, sua representação externa parece fixar e reprimir novas explorações. A maioria dos esforços

subseqüentes, após a geração da idéia inicial, são devotados ao detalhamento e refinamento da mesma idéia. É como se o computador forçasse a um compromisso precoce, mesmo antes de se decidir se é aquilo mesmo que se quer, determinando assim, uma cristalização de uma idéia que ainda poderia vir a ser expandida e desenvolvida. Exemplificando isso com números de nossa pesquisa, podemos observar que, no computador, dos dezoito projetistas pesquisados, treze apresentaram a primeira idéia como única solução para o problema enquanto que quando usando lápis e papel apenas sete projetistas apresentaram uma só solução. Os demais ou apresentaram várias opções para uma mesma idéia ou até mesmo soluções distintas (vide Tabela 5.28).

Tabela 5.28 - Percentagem de sujeitos que apresentou apenas uma solução

Percentagem de sujeitos que apresentou apenas uma solução	LÁPIS	CAD
Todos os sujeitos	38,89%	72,22%
Sujeitos brasileiros	33,33%	66,67%
Sujeitos estrangeiros	44,44%	77,78%

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão dos números de soluções apresentadas pelos sujeitos quando usando mídias distintas, observamos que em média os sujeitos apresentaram mais soluções projetuais quando trabalhando usando lápis e papel. Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon (vide Tabela 5.11 no subitem (c) do item 5.2.4) constatamos que estas diferenças eram estatisticamente significantes ($Z = -2.333$; significância = 0.020).

Quase todos os projetistas, independentemente da mídia usada, adotaram um estilo de abordagem de projeto predominantemente de cima para baixo, isto é, começando a partir de um nível mais alto (abstrato) de decisões de projeto (ou seja, de decisões macro) e depois fornecendo detalhes para estas decisões à medida que a sessão de projeto progredia. Dos dezoito sujeitos, houve apenas uma exceção e apenas na tarefa na mídia digital. Este sujeito começou explorando detalhadamente a resolução da coberta para depois partir para decisões em um nível mais abrangente.

Todos os projetistas abordaram o processo projetual de modo distinto em função da percepção e experiência de cada um. Eles começaram de modo distinto e enfatizaram pontos distintos do projeto. Apesar de se utilizarem de táticas semelhantes, estes apresentaram resultados sempre diferentes; então, as ferramentas que eles usam ou precisam requerem o máximo de flexibilidade e o mínimo de esforço e customização.

5.3.2. Análise das Tarefas feita pelos Juízes

As notas individuais de cada um dos juízes bem como exemplos das tarefas e protocolos verbais dos sujeitos que obtiveram as maiores e as menores médias gerais já foram apresentadas ao testarmos nossa Hipótese Principal no subitem (g) do item 5.2.5.

Tabela 5.29 - Média das Notas dos 3 Juízes

	1. Identidade		2. Funcionalidade		3. Dimensionamento		4. Apresent. e Represent. Gráfica		5. Exeqüibilidade		6. Estética	
	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD	Lápis	CAD
SE1	4,33	3,33	4,33	2,67	4,00	3,33	4,00	2,33	3,33	2,67	3,67	2,33
SE2	1,33	1,33	2,33	2,67	2,00	3,33	1,67	1,67	1,00	1,67	1,33	1,00
SE3	3,00	2,67	2,33	2,33	2,33	2,00	3,33	2,33	2,00	1,67	1,67	2,00
SE4	2,33	1,33	2,00	1,67	2,67	1,33	1,67	1,33	2,33	1,00	1,67	1,00
SE5	4,00	1,33	3,67	2,33	4,00	2,67	3,33	2,67	3,00	2,00	3,67	1,33
SE6	4,00	1,33	3,67	2,67	3,00	3,00	3,33	1,33	3,33	1,67	3,67	1,33
SE7	2,33	3,00	3,67	3,33	4,00	3,33	2,67	2,67	3,00	2,67	2,33	2,33
SE8	1,33	1,67	2,33	2,00	2,67	2,33	2,33	2,00	1,67	1,67	1,33	1,67
SE9	2,33	1,67	2,33	2,00	3,33	2,00	3,33	2,33	3,33	2,33	1,33	1,33
SB10	3,67	2,00	3,67	2,67	4,00	3,33	4,33	2,00	4,33	1,67	4,00	1,00
SB11	2,00	2,00	3,00	2,67	3,67	3,33	3,00	2,67	2,67	2,33	1,33	1,33
SB12	4,67	4,00	3,67	3,00	3,67	3,00	4,33	3,67	4,00	3,33	4,33	3,67
SB13	2,33	1,00	2,67	1,33	3,00	1,67	2,00	1,67	2,33	1,00	2,67	1,00
SB14	3,67	4,33	3,33	3,33	3,67	3,67	3,67	3,33	3,00	4,00	3,67	4,00
SB15	2,00	2,00	2,33	2,33	2,67	2,00	2,33	2,00	2,33	2,00	1,67	1,67
SB16	2,00	2,33	2,33	1,00	2,33	2,00	2,00	2,33	2,00	2,00	2,00	2,00
SB17	3,67	3,67	3,33	2,67	4,00	2,67	4,00	2,33	4,33	2,33	3,67	2,33
SB18	1,67	1,33	2,33	2,67	3,00	2,67	2,33	2,00	1,67	1,67	1,67	1,33
Média Estran.	2,77	1,96	2,96	2,41	3,11	2,59	2,85	2,07	2,55	1,93	2,30	1,59
Média Brasil.	2,85	2,52	2,96	2,41	3,33	2,70	3,11	2,44	2,96	2,26	2,78	2,04
Média Todos	2,81	2,24	2,96	2,41	3,22	2,65	2,98	2,26	2,76	2,09	2,54	1,81

a. Comparação das notas dos juízes nas 6 categorias de análise: lápis e papel X computador

Ao compararmos as médias e os desvios-padrão das notas dadas pelos três juízes às tarefas quando usando mídias distintas, observamos que, de acordo com a avaliação feita pelos juízes, em média, os sujeitos saíram-se melhor quando usando a mídia lápis e papel (vide Tabela 5.29 acima) em todas as categorias analisadas. Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon também pudemos constatar que esta diferença era estatisticamente significativa em todas as categorias analisadas: identidade (significância= 0.03); funcionalidade (significância= 0.006); dimensionamento (significância= 0.004); apresentação e representação gráfica (significância= 0.001); exeqüibilidade (significância=

0.011); estética (significância= 0.010) (vide Tabela 5.19 no subitem (g) do item 5.2.5). Em média os brasileiros obtiveram médias iguais ou maiores que os estrangeiros nas duas tarefas em ambas as mídias. No entanto, ao usarmos a Prova de Kruskal-Wallis observamos que esta diferença não se mostrou significativa em nenhuma das categorias analisadas.

5.3.3. Conclusão

As mídias tradicionais, se comparadas às mídias digitais atualmente usadas, são mais fluidas e mais apropriadas para o desenvolvimento rápido inicial das idéias, o estímulo à imaginação, à investigação livre, à referência cruzada intencional e randômica de fontes diversas, à manipulação e visualização da escala, à expressão de estados emocionais etc.

As mídias digitais são bastante adequadas às fases de desenvolvimento do projeto já que estas exigem níveis mais altos de definição geométrica e a elaboração e coordenação de complexidade e detalhes, permitindo a fácil articulação e a geração de múltiplos pontos de vista (visualização), bem como o acesso e a manipulação da informação, o armazenamento de modelos e imagens, a geração de renderizações e simulações hiper-realistas.

As tarefas desenvolvidas a lápis e papel apresentaram, em média, um resultado melhor em todas as categorias analisadas: menor tempo; maior domínio da ferramenta; representações múltiplas; maior número de soluções e melhor utilização do espaço, escala, proporção, dimensionamento, funcionamento, identidade, apresentação e representação gráfica, exeqüibilidade e estética.

5.4. Análise dos Dados e Resultados Relacionados às Categorias de Segmentação

O número total de segmentos em cada sessão de cada projetista individual é mostrado na figura 5.17. O comportamento dos sujeitos das sessões LÁPIS-CAD apresentou um padrão decrescente e nas sessões CAD-LÁPIS apresentou um padrão crescente, demonstrando que independentemente da ordem em que as tarefas foram desenvolvidas, o número de segmentos era maior nas sessões LÁPIS do que nas sessões CAD (vide figura 5.17) apresentando apenas um sujeito brasileiro como exceção. Conseqüentemente, o número médio de segmentos por seção bem como o número médio de segmentos por minuto de seção era maior na mídia lápis (vide Tabelas 5.30 e 5.31). Consideramos o número médio de segmentos por minuto de seção mais representativo, já que o tempo de desenvolvimento da tarefa era livre e cada sujeito poderia levar maior ou menor tempo em qualquer uma das duas tarefas. Existiram, ainda, diferenças significantes entre as duas mídias nos tipos dos segmentos e suas transformações.

Figura 5.17 - Número de segmentos por minuto de tarefa em (a) sessões CAD-LÁPIS e em (b) sessões LÁPIS-CAD

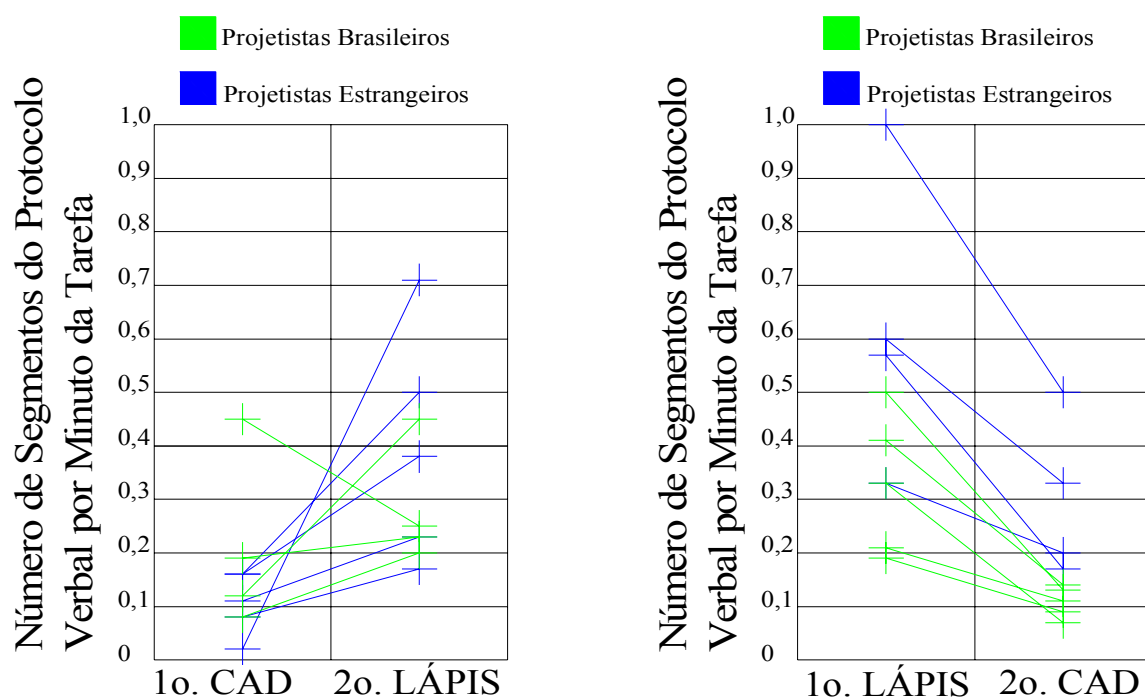


Tabela 5.30 - Número médio de segmentos por seção

Número médio de segmentos por seção	LÁPIS	CAD
Todos os sujeitos	5,83	5,06
Sujeitos brasileiros	6,88	4,88
Sujeitos estrangeiros	4,77	5,22

Tabela 5.31 - Número médio de segmentos por minuto de seção

Número médio de segmentos por minuto de seção	LÁPIS	CAD
Todos os sujeitos	0,40	0,17
Sujeitos brasileiros	0,31	0,15
Sujeitos estrangeiros	0,50	0,20

Colocamos a seguir, como exemplo, um trecho traduzido de um protocolo verbal do sujeito SE1 na tarefa a lápis (que no final apresentou 6 segmentos – vide Tabela 5.32) e um trecho de um protocolo verbal traduzido do mesmo sujeito (SE1) na tarefa desenvolvida no computador (com um total de 4 segmentos– vide Tabela 5.33). Os desenhos resultantes das tarefas deste sujeito já foram apresentados anteriormente ao testarmos nossa Hipótese Principal no subitem (c) do item 5.2.5.

Tabela 5.32 - Trecho do protocolo verbal do sujeito SE1 na tarefa com lápis (tempo total da tarefa = 10 minutos; n^o. total de segmentos = 6; 0,6 segmentos por minuto de tarefa)

(Segmento 1: Tipo D1) Em primeiro lugar, eu imaginei o local entre o hotel existente e o mar, e a primeira coisa que veio à minha mente era que eu tinha que manter a visão do mar.

SEGMENTO 1 – Tipo D1: Associando relações globais (espaço privado x entorno)

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou um corte esquemático com terreno, mar e hotel	Prle1	Observou relação entre bangalô e mar e entre bangalô e hotel			Cdm1	Manter a visão do mar

(Segmento 2: Tipo A1) Isto, então, me fez pensar em formas rampadas que dão uma visão melhor do mar e eu comecei a esboçar para ter um corte esquemático do bangalô vendo o mar em primeiro lugar, e daí eu imaginei uma forma que pudesse resultar em tal corte e fazendo duas formas rampadas uma abraçando a outra.

SEGMENTO 2 – Tipo A1: Mencionando ou desenhando um espaço

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou o bangalô no corte esquemático da praia	Prle1	Locou bangalô em relação ao hotel	Fip1	Pensou e representou formas rampadas = ver o mar	Cdm1	Ver o mar em 1 ^o . lugar
Fds1	Desenhou seta representando a visão do mar	Pcn1	Observando as formas rampadas em corte				
Fdn2	Desenhou uma perspectiva das formas rampadas	Pc3d1	Observando as formas rampadas na perspectiva				
Fdn3	Desenhou um novo corte a partir da perspectiva	Pcn2	Observando as formas rampadas do novo corte				

(Segmento 3: Tipo A1) Então, eu desenhei uma planta geral para ver como ficaria a circulação, a entrada, o banheiro, a sala de estar, o quarto, e uma escada para ir para o quarto no primeiro andar para ter a visão principal do mar.

SEGMENTO 3 – Tipo A1: Mencionando ou desenhando um espaço

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Delimitou o pavto. Térreo	Prc1	Dividiu e relacionou os espaços internos	Fip1	Pensou e representou as funções dos espaços internos	Cdm1	Ter do quarto a visão principal do mar
Fdn2	Desenhou a porta de acesso	Prlo1	Locou acesso	Fip1	Quarto em um andar acima e aberto para ver o mar		
Fdn3	Separou a cozinha do estar	Prle1	Locou cozinha				
Fdn4	Desenhou escada	Prle2	Locou estar				
Fdn5	Desenhou esquadria	Prlo2	Locou escada				
		Prlo3	Locou esquadria				
		Prc2	Quarto sobre a sala				

Tabela 5.33 - Trecho do protocolo verbal do sujeito SE1 na tarefa no computador (tempo total da tarefa = 12 minutos; nº. total de segmentos = 4; 0,33 segmentos por minuto de tarefa)

(Segmento 1: Tipo D1) Em primeiro lugar eu pensei que como a rua de pedestre era longa e estreita eu poderia enfatizar isto através de uma forma longa e estreita, e eu pensei que isto também acentuaria o movimento das pessoas,

SEGMENTO 1 – Tipo D1: Associando relações globais (espaço privado x entorno)							
Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou a rua	Pcn1	Rua longa e estreita	Fip1	A função da forma é ser convidativa, enfatizar o fato da rua ser longa e estreita e acentuar o movimento das pessoas	Cdm1	Tem que ter uma forma convidativa, curva, longa e estreita
Fdn2	Desenhou retângulo no centro da rua	Pcn2	Forma convidativa longa e estreita				
Fmd1	Apagou o retângulo	Prle1	Locou massa no centro da rua				
Fdn3	Desenhou outro retângulo no centro da rua						

(Segmento 2: Tipo A1) E então eu pensei em criar uma forma que convidasse as pessoas a entrar. Então, eu pensei em formas curvas que fossem convidativas e que ao mesmo tempo dessem muito espaço para que as pessoas pudessem atravessá-la com fluidez; então, eu tentei representar isto graficamente em planta e em corte.

SEGMENTO 2 – Tipo A1: Mencionando ou desenhando um espaço							
Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou linha de construção dividindo o retângulo ao meio	Pcn1	Percebendo a forma da planta	Fip1	Formas curvas convidativas, com fluidez		
Fdn2	Desenhou uma curva de um lado	Pcn2	Percebendo a forma no corte				
Fco1	Copiou esta curva	Prle1	Locando o edf. na rua em corte				
Fmd1	Apagou linha reta						
Fmm1	Moveu curva						
Fdn3	Desenhou curva do outro lado						
Fco2	Copiou esta curva						
Fmd2	Apagou outra linha reta						
Fmr1	Estendeu a parede curva dupla						
Fmr2	Estendeu a outra parede curva dupla						
Fco3	Copiou todo o desenho ao lado						
Fmd3	Apagou o desenho copiado						
Fco4	Copiou de novo todo o desenho ao lado						
Fdn4	Desenhou 4 linhas paralelas						

Fmd4	Apagou as 4 linhas paralelas						
Fdn5	Desenhou linha de piso						
Fdn6	Desenhou o corte a partir da planta						
Fdn7	Desenhou as lojas no corte						
Fdn8	Desenhou uma linha paralela à linha de piso						
Fmr3	Diminuiu a altura do corte						
Fdn9	Desenhou a laje						

(Segmento 3: Tipo A1) Ao mesmo tempo, eu continuei pensando na função; nós precisamos de uma cozinha pequena, uma administração e um banheiro e eu resolvi agrupar todos eles em um canto para não obstruir a visão.

SEGMENTO 3 – Tipo A1: Mencionando ou desenhando um espaço

Físicas		Perceptivas		Funcionais		Conceituais	
ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo	ID	Conteúdo
Fdn1	Desenhou uma reta na planta	Prc1	Pensou na relação entre os espaços internos	Fip1	Agrupar serviços para não obstruir a visão		
Fmd1	Apagou esta reta	Prle2	Locação dos serviços em um lado				
Fdn2	Desenhou outra reta						
Fdn3	Desenhou retângulo que contém serviços						
Fdn4	Desenhou reta de limite da planta						
Fdn5	Desenhou reta dividindo os serviços						

a. Comparação das variáveis: Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis X Número de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador

Quando testamos a Hipótese Secundária 3 bem como nossa Hipótese Principal, comparamos as médias e os desvios-padrão do número de segmentos do protocolo verbal dos sujeitos por minuto de tarefa quando usando mídias distintas e pudemos constatar que, em média, o número de segmentos do protocolo verbal dos sujeitos por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel (vide Tabela 5.4 do subitem (a) do item 5.2.3). Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon observamos que estes eram estatisticamente muito significantes ($Z = -3.376$; significância = 0.001).

Observamos que os sujeitos pesquisados na Universidade de Sheffield apresentaram um número maior de segmentos do protocolo verbal por minuto de tarefa do que os sujeitos da UFPE em ambas as ferramentas (CAD e Lápis). No entanto, ao aplicarmos a Prova

Estatística Kruskal-Wallis observamos que estas diferenças não eram estatisticamente significativas.

b. Conclusão

A primeira sessão projetual, normalmente, deveria apresentar um número maior de segmentos devido ao fato que o projetista não só tenta entender o que é requerido bem como quando o segundo projeto é introduzido, o projetista já está, mentalmente, mais cansado. Isto deveria resultar, provavelmente, em uma diminuição no número de segmentos para o segundo projeto.

O padrão esperado de comportamento para a resolução de problemas pode ser visto nas sessões LÁPIS-CAD (vide figura 5.17b), enquanto que as sessões CAD-LÁPIS apresentaram um padrão diferente (vide figura 5.17a). Considerando o aumento no número total de segmentos na transição de CAD para LÁPIS e a diminuição na transição de LÁPIS para CAD, a mídia tradicional apresenta um número mais alto de segmentos. Considerando a natureza ambígua dos esboços a LÁPIS, isto significa que os projetistas mudaram suas tomadas de decisões e metas mais freqüentemente quando usaram a mídia tradicional.

Foi observado que os projetistas têm uma tendência geral, independentemente da mídia utilizada, de resolver o problema de planejamento do espaço simplificando-o em duas tarefas. Estes começaram a tomar decisões na divisão do layout das áreas. Portanto, a primeira coisa com que lidaram foi com as relações globais que determinam a locação dos espaços de acordo com as relações espaciais entre eles e o entorno. O segundo assunto abordado eram as relações locais entre os componentes espaciais encontrados nestes espaços.

Cada projetista possuía uma estratégia diferente de lidar com a divisão dos espaços. O período (em termos de segmentos) que eles/elas gastavam para enfocar certos espaços era distinto. Enquanto lidando com o projeto de certo espaço ou componente, alguns escolheram mudar para outra parte do layout e então voltar para aquela área, novamente, mais tarde, enquanto alguns dos projetistas terminavam o projeto daquele espaço completamente para, só então, começar o projeto de um novo espaço.

A freqüência de trocas de estratégias depende das características de resolução de problemas do projetista. Não há um modelo único que descreva a freqüência de trocas no processo projetual. No entanto, analisando as submetas na estratégia ramificada, poderíamos identificar um perfil do processo de resolução de problemas. Nos primeiros dois ou três segmentos das sessões de projeto que podem ser chamados como estado de definição do problema, os projetistas lidam com relações globais e com um esboço primário das relações locais ou apenas no imaginário mental (mais freqüente no computador) ou através da

combinação do imaginário mental com as representações externas (mais freqüente no lápis e papel). Esta fase normalmente é muito curta nos esboços com CAD, já que o projetista decide sobre um modelo de relação entre espaços apenas em sua cabeça, porém muito mais longa nos esboços a LÁPIS já que o projetista tem a oportunidade de fazer uma representação diagramática das relações espaciais. Para exemplificar isto, transcrevemos um trecho do protocolo verbal de um sujeito usando a mídia CAD:

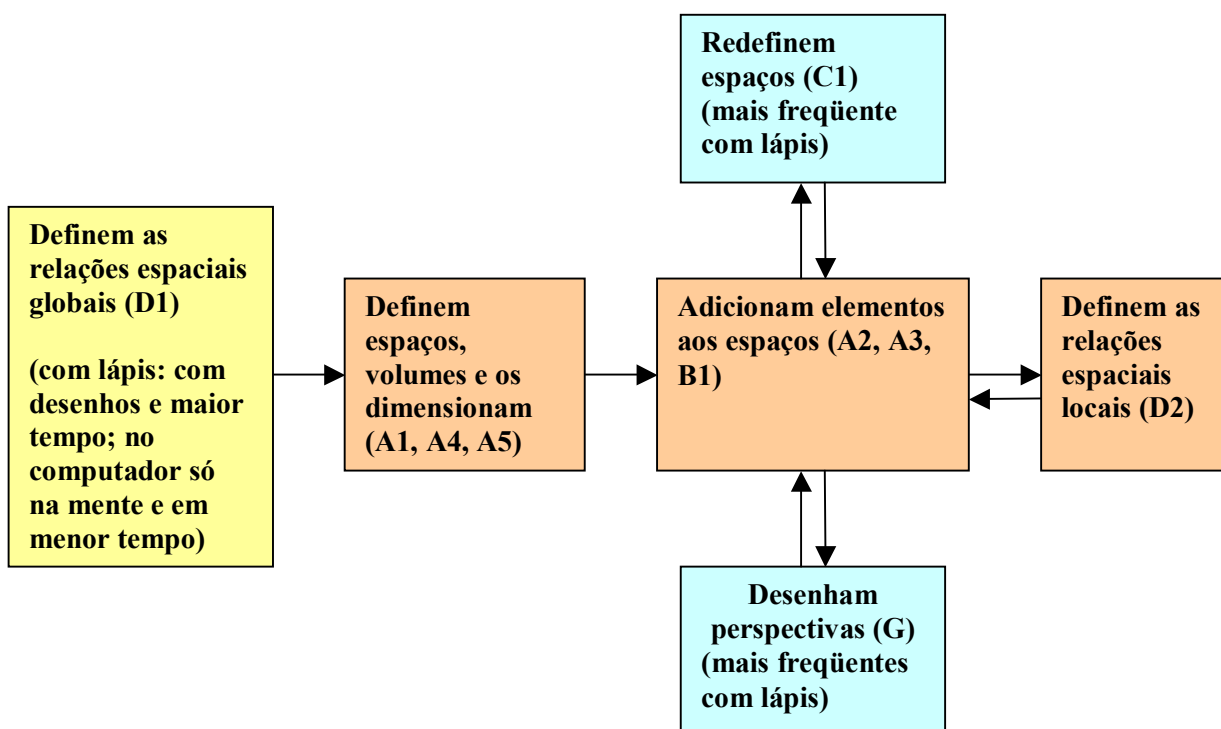
“....tenho uma extrema dificuldade em projetar direto no computador. No computador é como se eu estivesse passando a limpo o que está na minha cabeça, coisa que eu não faço no papel. No papel eu vou riscando, vou apagando (...). No computador não, eu já quero fazer uma coisa definitiva”.

A partir da análise das tarefas dos sujeitos buscamos representar um modelo mental do processo de concepção destas tarefas (vide a figura 5.18 a seguir).

Na fase de concepção de um projeto, tomando por referência as duas tarefas dadas, podemos afirmar que os projetistas aqui estudados, em sua maioria, independentemente da mídia utilizada, normalmente começam definindo as relações espaciais globais entre o objeto arquitetônico e o entorno (D1— vide figura 5.18 a seguir), definem os espaços e os dimensionam (A1, A4, A5), em seguida, estes, normalmente, adicionam elementos aos espaços (A2, A3, B1), enquanto pensam nas relações locais entre os espaços (D2). A grande diferença entre as duas mídias dá-se, primeiramente, como vimos acima, no encurtamento de tempo da fase de definição do problema no computador, bem como na redefinição dos espaços e idéias (C1) e na elaboração de perspectivas (G), visto que ambos os segmentos foram registrados com bem mais freqüência na mídia lápis (vide figura 5.18 a seguir).

Os projetistas que revisitaram uma área posteriormente, colocaram objetos nos espaços e os organizaram (B1, B3) ou mudaram a organização dos objetos dentro de um espaço (C2) ou redefiniram o espaço (C1). Observamos que houve pouca redefinição das relações espaciais (E) e pouco redesenho (F), que aconteceu apenas em uma seção da tarefa com lápis. Isto, provavelmente, deve-se ao breve tempo de desenvolvimento da tarefa.

Figura 5.18 – Processo de Concepção das Tarefas dadas



5.5. Análise dos Dados e Resultados Relacionados às Ações Cognitivas (AC)

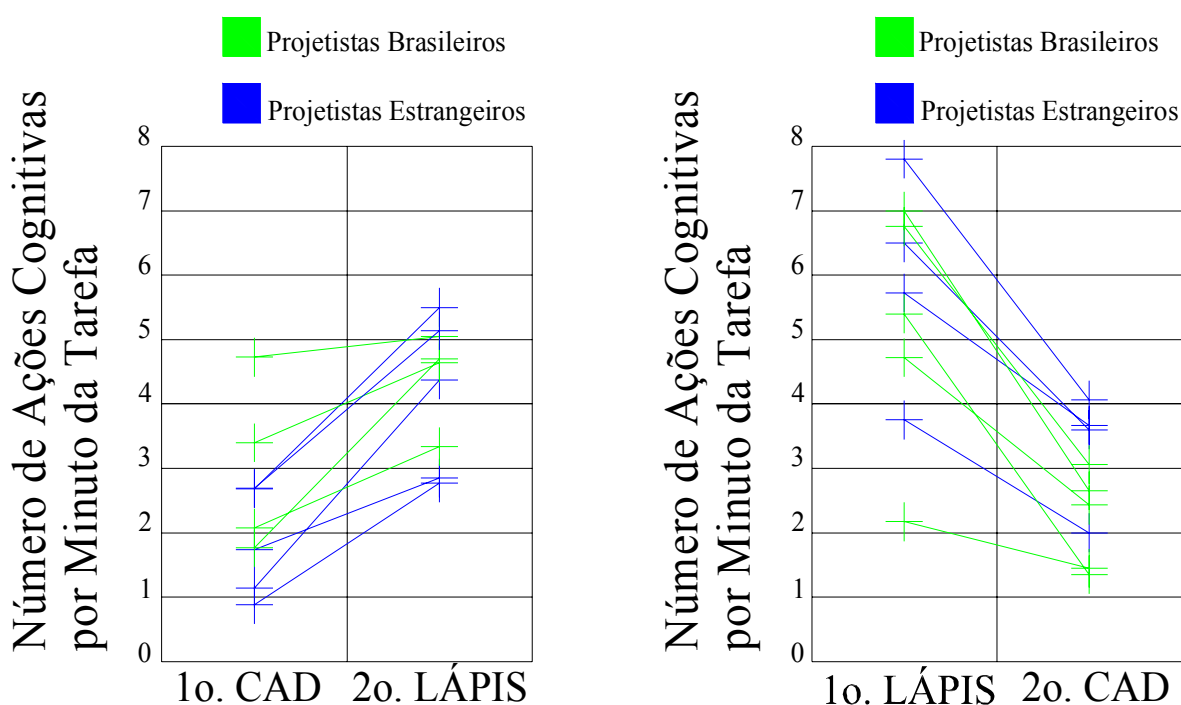
De acordo com FINKE et al. (1992), podemos medir a produtividade de idéias, levando em consideração o número de idéias geradas em um período específico de tempo ou do tempo levado para se gerar uma única idéia. No entanto, tais medidas devem ser usadas com cuidado já que estas tendem a confundir o processo de descoberta com o de expressar e comunicar idéias. Por exemplo, um sujeito pode ser muito hábil na geração de idéias e pobre em relatá-las ou descrevê-las.

Os números totais de AC nas sessões sucessivas de CAD-LÁPIS e LÁPIS-CAD para cada projetista individual são apresentados na figura 5.19. É visto que existem mais ações cognitivas na mídia de esboço à mão-livre (LÁPIS), independentemente da sequência das mídias.

Os resultados estatísticos (Prova de Wilcoxon, com 0,5% de nível de significância) apresentados nos subitens seguintes indicam que existem diferenças entre as ações cognitivas dos sujeitos em mídias diferentes (LÁPIS X CAD). Os dados testados estatisticamente são internos e não podem ser generalizados. Precisaríamos testá-los com um grande número de sujeitos a fim de corroborar estes resultados, atingindo uma validade estatística adequada para nossas conclusões em geral. No entanto, tendo em vista o grande número de ações em cada protocolo, podemos fazer afirmações razoavelmente bem fundamentadas baseadas nas evidências encontradas.

A partir dos trechos de protocolos verbais do sujeito SE1 apresentados acima no item 5.4 (vide Tabela 5.32) também podemos observar as diferenças das ações cognitivas físicas, perceptivas, funcionais e conceituais do mesmo sujeito. Visto que o sujeito acima (assim como os demais) não só apresentou um maior número de segmentos na tarefa com lápis como também apresentou um maior número de ações cognitivas físicas, perceptivas, funcionais e conceituais.

Figura 5.19 - Número de AC por minuto de tarefa em (a) sessões CAD-LÁPIS (b) sessões LÁPIS-CAD



a. Comparação das variáveis: Número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador

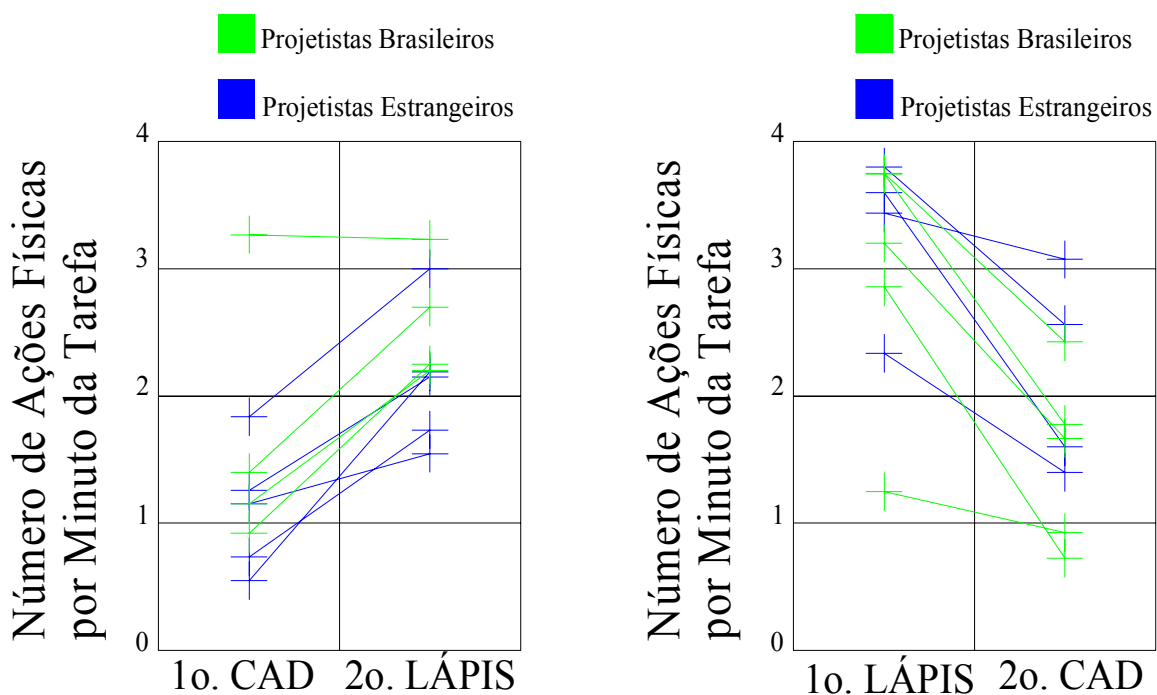
Ao testarmos nossa hipótese secundária 3, que se constitui em um desdobramento de nossa hipótese principal, comparamos as médias e os desvios-padrão do número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa quando usando mídias distintas e pudemos constatar que, em média, o número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel (vide Tabela 5.7 no subitem (b) do item 5.2.3). Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon também verificamos que esta diferença era estatisticamente muito significante ($Z = -3.724$; significância = 0.000).

Observamos que os sujeitos pesquisados na Universidade de Sheffield apresentaram, em média, um número de ações cognitivas do protocolo verbal por minuto de tarefa em ambas as ferramentas (CAD e Lápis) quase igual ao dos sujeitos da UFPE. Ao aplicarmos a Prova Estatística Kruskal-Wallis, confirmamos o que já se apresentava de modo claro: não há diferença estatisticamente significativa. Também não houve diferenças culturais quando analisamos individualmente as ações físicas, perceptivas, funcionais e conceituais. Em todos os casos não houve diferença significativa entre os sujeitos da UFPE e da Universidade de Sheffield.

5.5.1. Ações Físicas

Como pode ser visto na figura 5.20, a frequência das ações físicas nas sessões CAD foram mais baixas que nas sessões LÁPIS.

Figura 5.20 - Frequência de ações físicas (a) sessões CAD-LÁPIS (b) sessões LÁPIS-CAD



a. Prova de Wilcoxon para duas amostras relacionadas para comparar as variáveis: Número de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador- em relação a todos os sujeitos

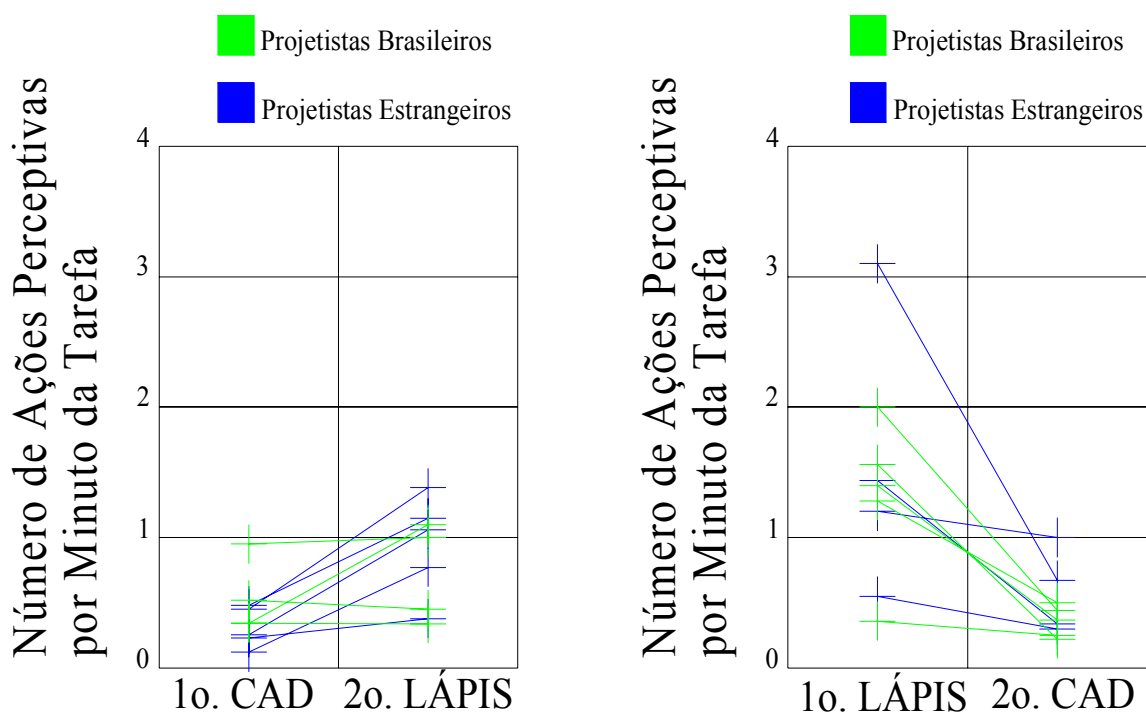
Ao testarmos nossa hipótese secundária 3 comparamos as médias e os desvios-padrão do número de ações cognitivas FÍSICAS do protocolo verbal por minuto de tarefa quando usando mídias distintas e observamos que em média o número de ações cognitivas FÍSICAS

do protocolo verbal por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel (vide Tabela 5.8 no subitem (c) do item 5.2.3). Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon também constatamos que esta diferença era estatisticamente muito significativa ($Z = -3.680$; significância = 0.000).

5.5.2. Ações Perceptivas

A frequência das ações perceptivas em todas as sessões foi mais alta nos esboços a LÁPIS como mostra a figura 5.21. Quando há uma mudança de LÁPIS 1 para CAD 2 há uma diminuição na frequência de ações perceptivas enquanto que quando há uma mudança de CAD 1 para LÁPIS 2, há um aumento (exceto para um sujeito) na frequência de ações perceptivas. Isto demonstra que a frequência de ações perceptivas é mais alta na mídia tradicional (LÁPIS).

Figura 5.21 - Frequência de ações perceptivas (a) sessões CAD-LÁPIS (b) sessões LÁPIS-CAD



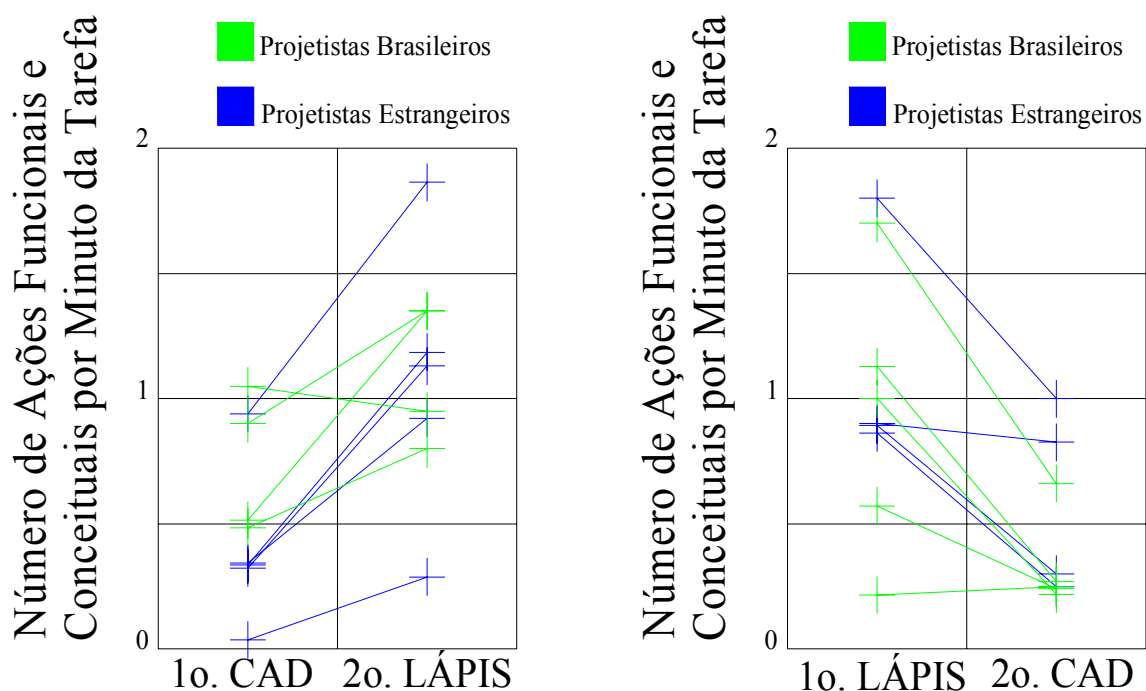
a. Prova de Wilcoxon para duas amostras relacionadas para comparar as variáveis:
Número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador - em relação a todos os sujeitos

Ao testarmos nossa hipótese secundária 3 comparamos as médias e os desvios-padrão do número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa quando usando mídias distintas e observamos que em média o número de ações cognitivas PERCEPTIVAS do protocolo verbal por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel (vide Tabela 5.9 do subitem (d) do item 5.2.3). Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon também verificamos que esta diferença era estatisticamente muito significativa ($Z = -3.550$; significância = 0.000).

5.5.3. Ações Funcionais e Conceituais

A fim de ter-se uma visão do nível semântico como um todo (SUWA et al., 1998a), as frequências de ações funcionais e conceituais foram resumidas juntamente em uma análise única (vide figura 5.22 abaixo). Foi observado que a quantidade de ações funcionais e conceituais dos projetistas era maior na mídia papel e lápis, independentemente da ordem (exceto para um sujeito).

Figura 5.22 - Frequência de ações funcionais e conceituais (F-C) (a) sessões CAD-LÁPIS (b) sessões LÁPIS-CAD



a. Prova de Wilcoxon para duas amostras relacionadas para comparar as variáveis: Número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida com lápis e papel X Número de ações cognitivas

FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa desenvolvida no computador - em relação a todos os sujeitos

Ao testarmos nossa hipótese secundária 3, comparamos as médias e os desvios-padrão do número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa quando usando mídias distintas e observamos que, em média, o número de ações cognitivas FUNCIONAIS e CONCEITUAIS do protocolo verbal por minuto de tarefa é bem maior quando usando lápis e papel (vide a Tabela 5.10 no subitem (e) do item 5.2.3). Ao testarmos os resultados a partir da Prova de Wilcoxon constatamos que esta diferença era estatisticamente muito significativa ($Z = -3.550$; significância = 0.000).

b. Conclusão

Os padrões de AC dos sujeitos (vide figura 5.19) são semelhantes ao número total de padrões de segmentos (vide figura 5.17). As sessões LÁPIS-CAD apresentaram um padrão decrescente comum (vide figura 5.19b) que significa uma diminuição em número de AC. Na figura 5.19a há um aumento de AC na transição de CAD para LÁPIS que demonstra que as AC dos projetistas também são mais altas na mídia tradicional independentemente da ordem da mídia.

De fato, os esboços com LÁPIS incluem mais ações físicas (vide figura 5.20), desde que o projetista continuamente desenha e modifica e copia os desenhos ao lado ou em outra folha de papel. Quando há uma frequência mais baixa das ações físicas no esboço com LÁPIS significa que as outras categorias de ação (perceptiva, funcional e conceitual) estão, naquele momento, apresentando frequências mais altas.

Observamos também que tão logo os projetistas tornaram-se mais familiarizados com o problema projetual, eles começaram a associar mais relações espaciais e organizacionais entre objetos/elementos. Estes tendem a focar muito mais nos atributos visuais das representações e no arranjo espacial dos componentes espaciais quando eles não estão familiarizados com o problema.

5.6. Análise dos Dados e Resultados Relacionados aos Modelos Mentais

Na análise dos dados, a representação dos modelos mentais feita pelos sujeitos constituiu-se como único instrumento de análise que não apresentou diferenças significativas entre as duas mídias. Deste modo, não vimos necessidade da utilização da estatística.

Os modelos mentais dos sujeitos são, em sua maioria, lineares (15 dos 18 sujeitos - 83,33%), independentemente da mídia utilizada. Os três sujeitos que apresentaram modelos mentais não lineares, o fizeram nas tarefas desenvolvidas em ambas as mídias.

Quase todos os sujeitos apresentaram um modelo de resolução de problemas *top-down* (de cima para baixo), ou seja, partindo de resoluções em níveis mais abrangentes para níveis mais detalhados. Apenas um sujeito (e apenas na mídia digital) apresentou um modelo *bottom-up* (de baixo para cima), detendo-se bastante tempo na resolução de um elemento em particular (a cobertura) para depois partir para resoluções mais abrangentes.

Os modelos mentais dos sujeitos apresentaram uma média de número de elementos iguais para as duas mídias (11,11 elementos), não apresentando, assim, diferenças quantitativas.

A seguir, apresentaremos alguns exemplos dos modelos mentais representados pelos sujeitos nas duas tarefas, posicionaremos sempre à esquerda o modelo mental da tarefa desenvolvida com lápis:

Figura 5.23 - Modelos mentais do sujeito SE1 nas duas tarefas: bangalô feito com lápis e informação turística no computador

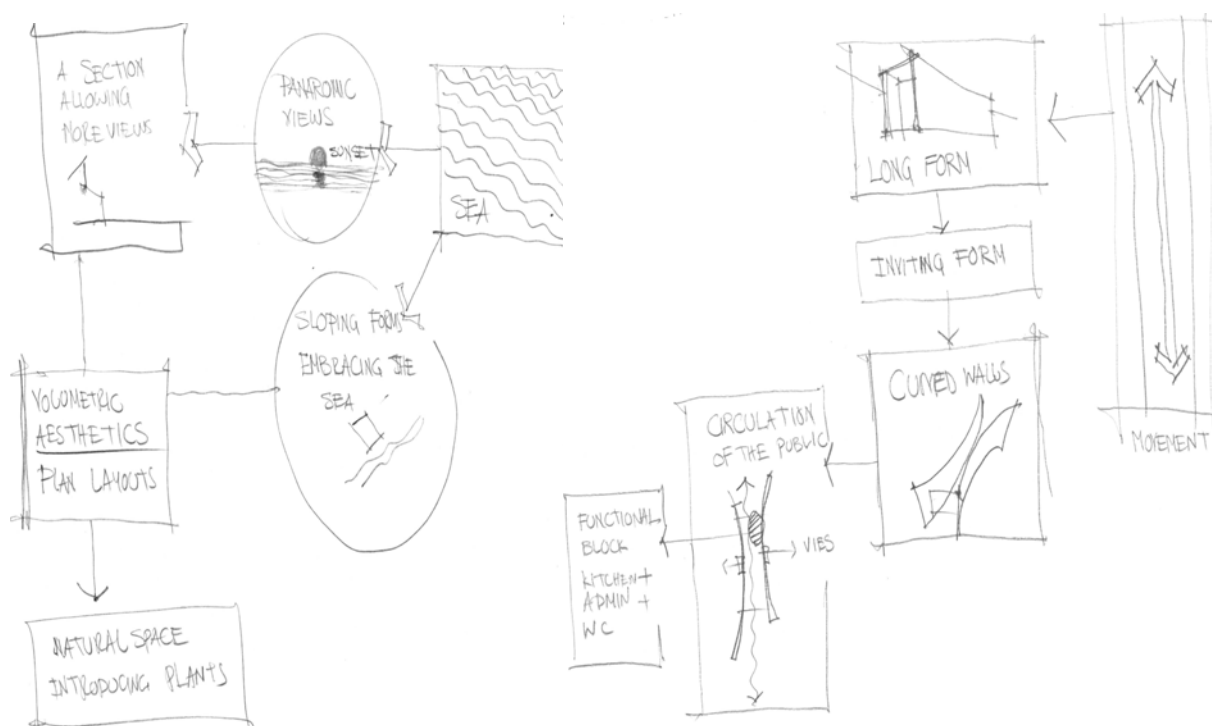


Figura 5.24 - Modelos mentais do sujeito SE5 nas duas tarefas: informação turística no lápis e bangalô no computador

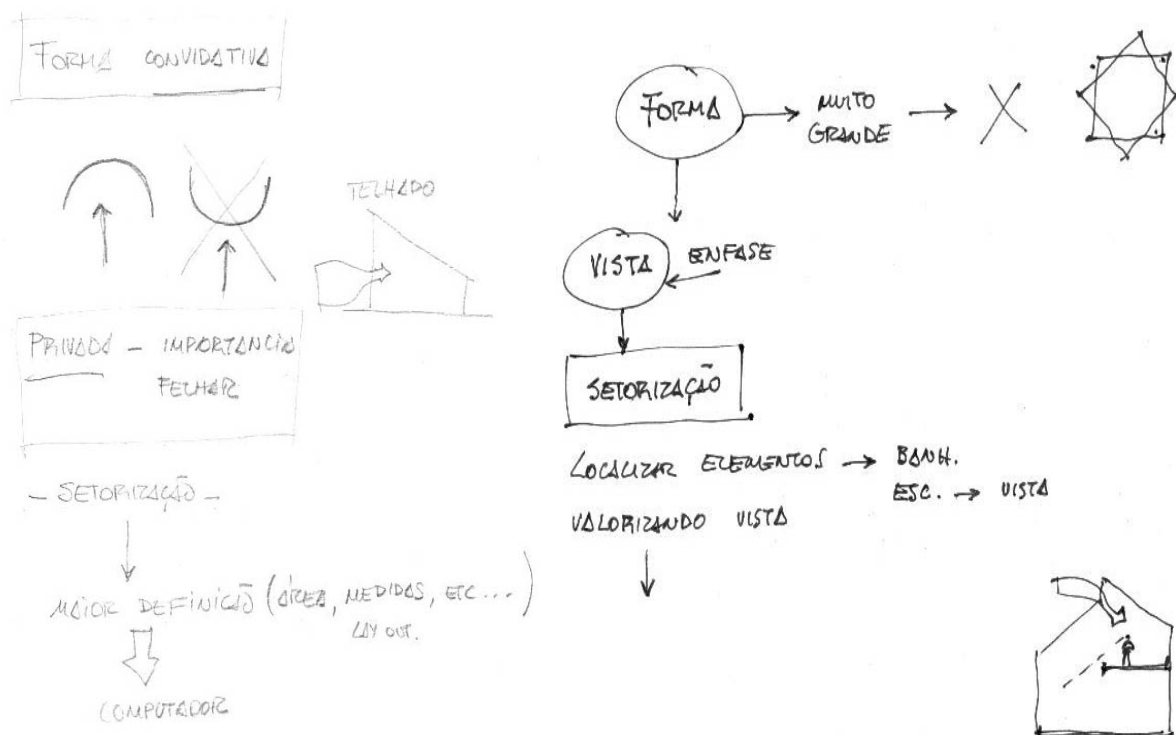


Figura 5.25 - Modelos mentais do sujeito SB10 nas duas tarefas: informação turística feita com lápis e bangalô no computador

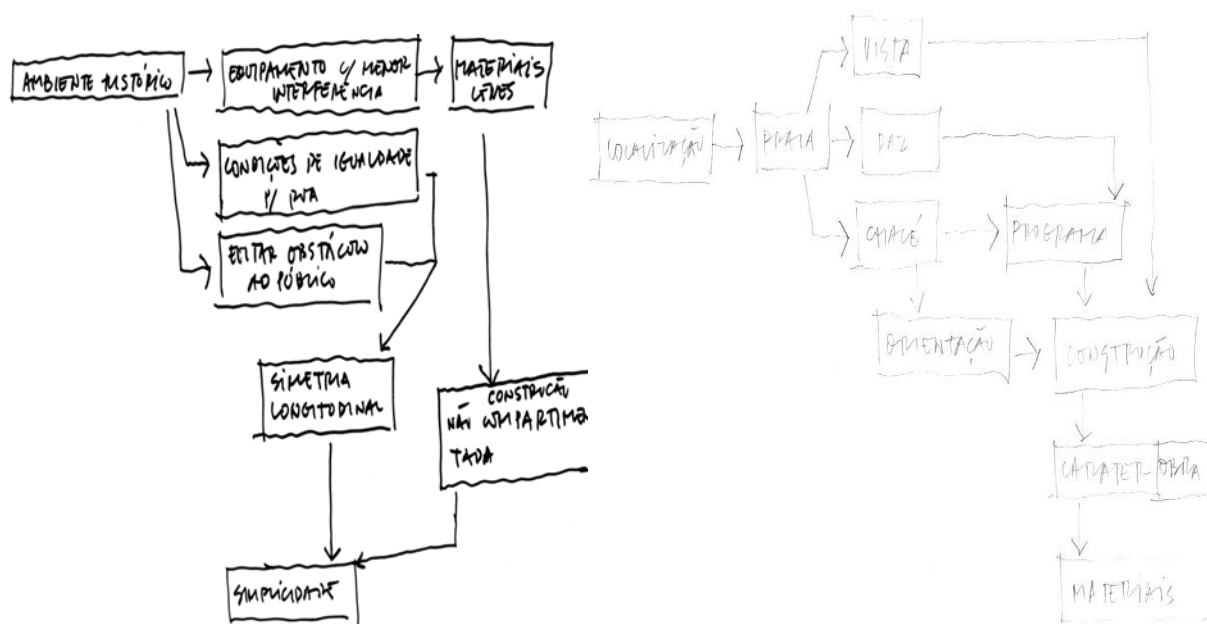
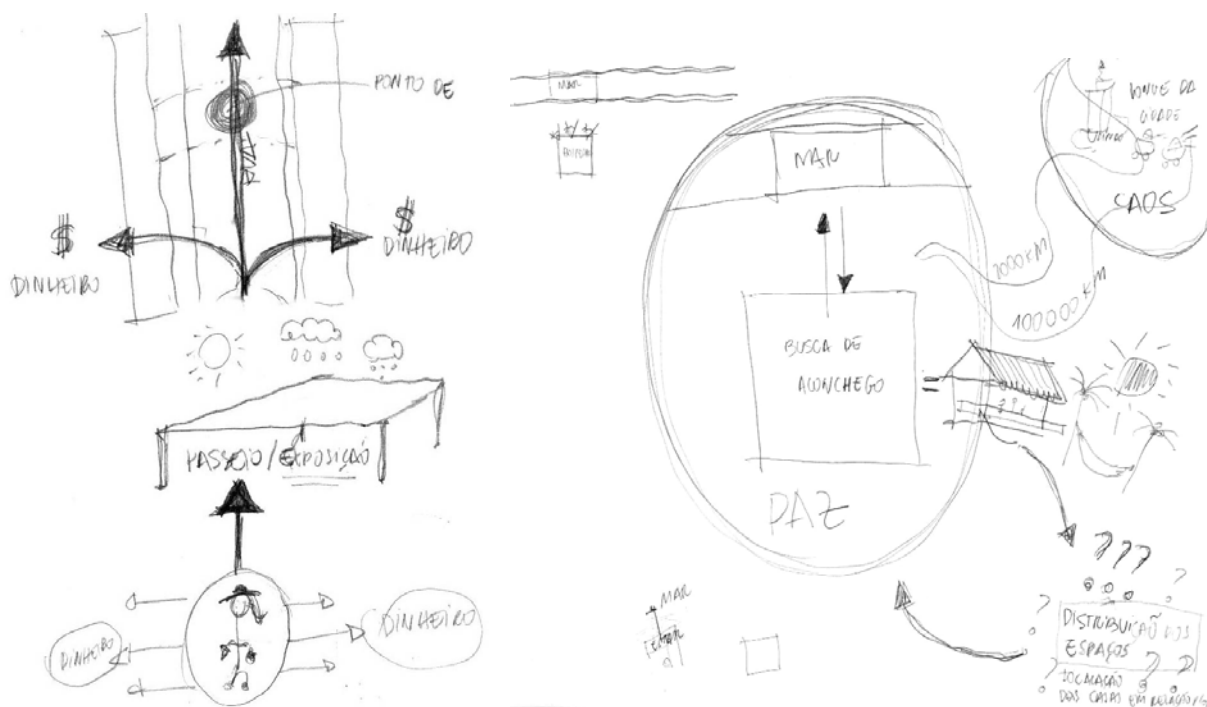


Figura 5.26 - Modelos mentais do sujeito SB18 nas duas tarefas: informação turística feita com lápis e bangalô no computador



5.6.1. Conclusão

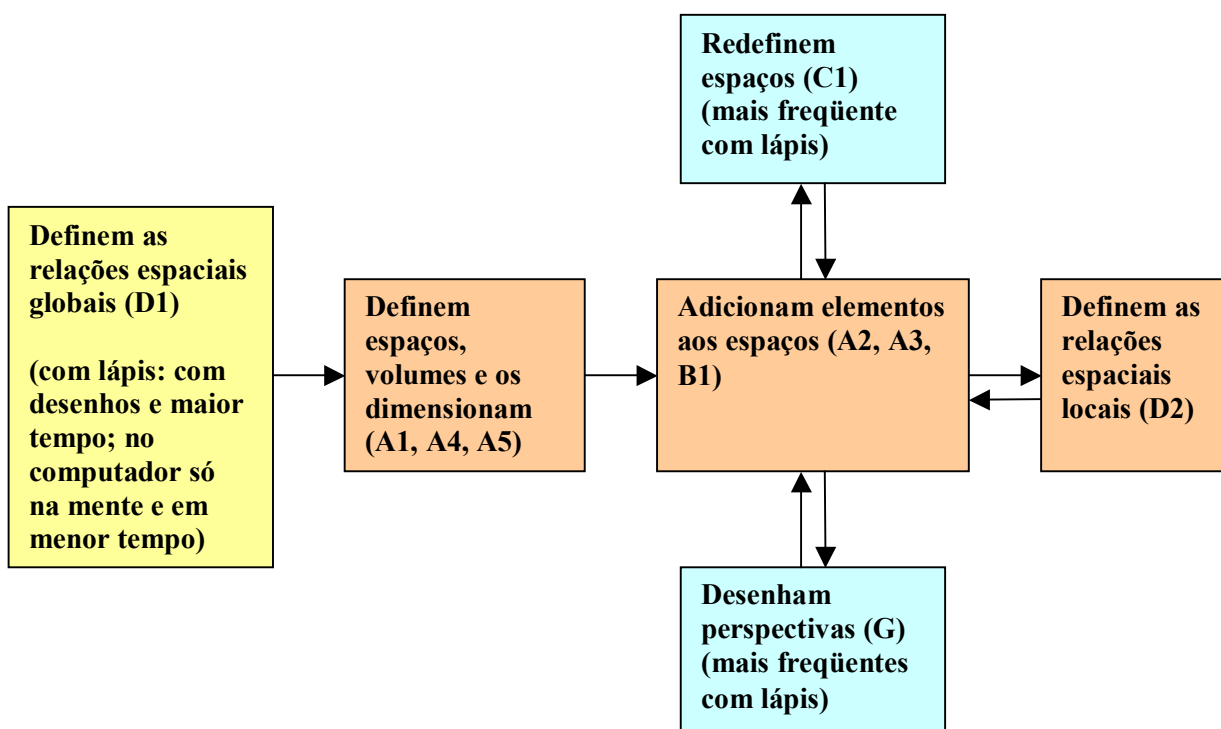
No caso específico dos modelos mentais, não aplicamos o tratamento estatístico já que os modelos mentais do processo de projeção nas duas mídias não apresentaram diferenças suficientemente relevantes que justifiquem este tratamento. Parece-nos que isto deveu-se ao fato de que os sujeitos, ao tentarem descrever seus processos do pensamento, após terem concluído a tarefa, tentaram refletir e apresentar um modelo quase que único para ambas as mídias. Pela percepção que os sujeitos estudados possuem das mídias, observamos que eles acreditam que as mídias não influem de modo relevante em seus processos de pensamento e eles tentam, de um modo algumas vezes um pouco forçado, demonstrar esta crença a partir da explicitação de modelos mentais muito parecidos para ambas as mídias.

Como já observamos anteriormente ao analisarmos os dados referentes às categorias de segmentação, apesar de nossos sujeitos não acreditarem que as mídias possam influenciar até em seus processos de pensamento, observamos que esta influência se apresenta de modo bastante claro. Primeiramente, através do aumento do número de segmentos quando trabalhando com a mídia lápis, significando que os projetistas mudaram suas tomadas de decisões e metas mais frequentemente quando usaram esta mídia. Em segundo lugar, o início do processo de projeção, que pode ser denominado de estado de definição do problema, que no computador se dá apenas no imaginário mental, enquanto que na mídia lápis este ocorre

através da combinação do imaginário mental com as representações externas. Além do que esta fase é mais curta nos esboços no computador.

Gostaríamos, portanto, de apresentar o modelo mental abaixo (figura 5.27), já apresentado na conclusão do item relativo às categorias de segmentação, que pode ser considerado como representativo da fase de concepção de um projeto para a maioria de nossos sujeitos estudados.

Figura 5.27 – Processo de concepção das tarefas



5.7. Análise dos Dados e Resultados Relacionados aos Questionários

Dezoito sujeitos responderam ao nosso questionário, sendo nove brasileiros (estudando ou lecionando na UFPE (Universidade Brasileira) e nove estrangeiros de diferentes nacionalidades estudando ou lecionando em Sheffield (Universidade Inglesa).

Dos dezoito sujeitos, sete eram do sexo feminino e onze do sexo masculino. Não acreditamos que gênero seja um fator que apresente diferenças significantes; portanto, não apresentamos nenhuma hipótese baseada no gênero e nem pretendemos fazer nenhuma comparação estatística guiada por este aspecto. As amostras do Brasil e da Inglaterra foram construídas com uma estrutura similar, cada uma delas apresentando: um arquiteto e professor universitário; seis arquitetos e alunos da pós-graduação e dois alunos da graduação. Esta era uma amostra eclética apresentando desde um arquiteto com vinte e oito anos de formado até

um aluno do primeiro ano do curso. Podemos ver na Tabela 5.34 abaixo, o perfil de nossa amostra, onde SE significa sujeito estrangeiro e SB significa sujeito brasileiro.

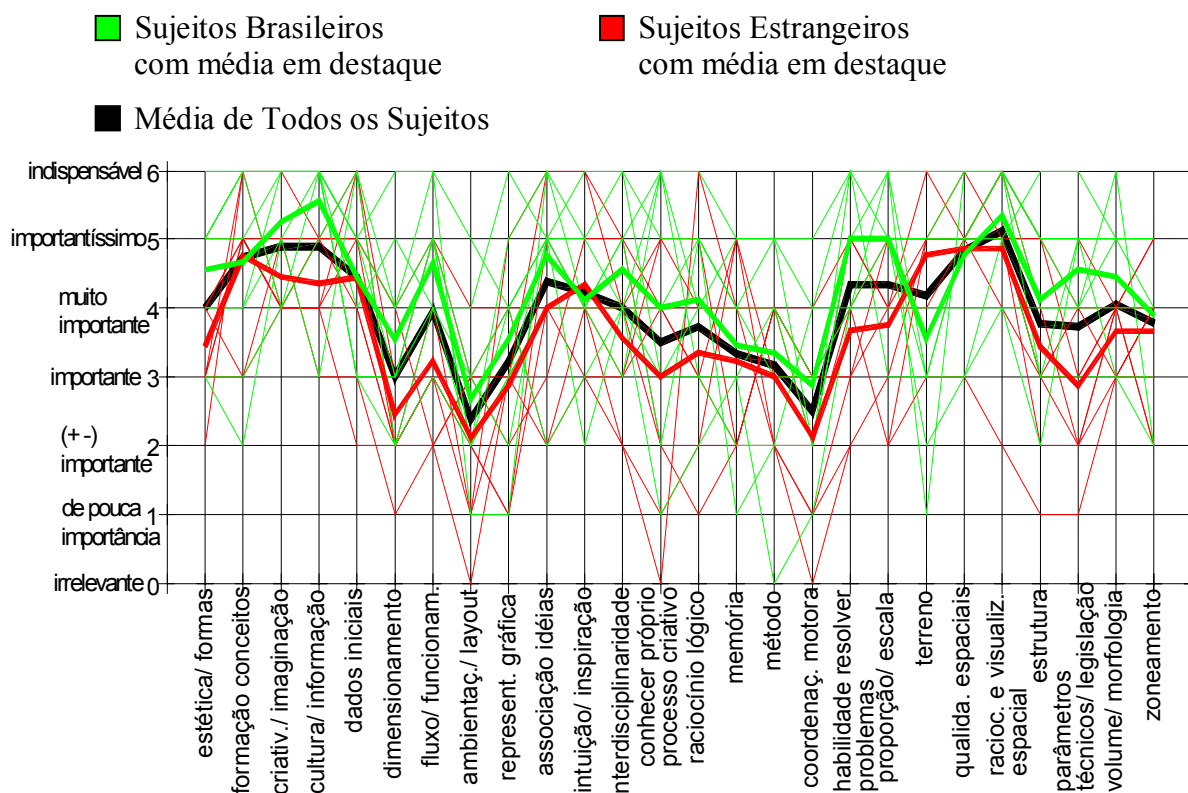
Tabela 5.34 – Perfil da Amostra

Sujeitos	Professor ou Aluno	Sexo	Universidade	Software
SE1	Aluno da Pós-graduação	Masculino	Sheffield	AutoCAD
SE2	Aluno da Graduação	Feminino	Sheffield	VectorWorks
SE3	Aluno da Graduação	Masculino	Sheffield	VectorWorks
SE4	Aluno da Pós-graduação	Masculino	Sheffield	AutoCAD
SE5	Aluno da Pós-graduação	Masculino	Sheffield	VectorWorks
SE6	Aluno da Pós-graduação	Masculino	Sheffield	AutoCAD
SE7	Aluno da Pós-graduação	Masculino	Sheffield	AutoCAD
SE8	Aluno da Pós-graduação	Feminino	Sheffield	AutoCAD
SE9	Professor	Masculino	Sheffield	VectorWorks
SB10	Aluno da Pós-graduação	Masculino	UFPE	AutoCAD
SB11	Aluno da Pós-graduação	Feminino	UFPE	AutoCAD
SB12	Professor	Masculino	UFPE	AutoCAD
SB13	Aluno da Pós-graduação	Feminino	UFPE	AutoCAD
SB14	Aluno da Pós-graduação	Masculino	UFPE	AutoCAD
SB15	Aluno da Graduação	Feminino	UFPE	AutoCAD
SB16	Aluno da Pós-graduação	Feminino	UFPE	AutoCAD
SB17	Aluno da Pós-graduação	Masculino	UFPE	AutoCAD
SB18	Aluno da Graduação	Feminino	UFPE	AutoCAD

Dentre os nove brasileiros pesquisados, seis utilizam exclusivamente o *software* AutoCAD, enquanto os outros três utilizam tanto o AutoCAD quanto outros *software(s)*. Dos nove estrangeiros pesquisados, um utiliza exclusivamente o AutoCAD, quatro utilizam tanto o AutoCAD quanto outro(s) *software(s)*, três utilizam exclusivamente o VectorWorks e um utiliza tanto o VectorWorks quanto outro(s) *software(s)*. Portanto, 100% dos brasileiros pesquisados bem como 55,55% dos estrangeiros pesquisados trabalham com o AutoCAD enquanto os 44,45% restantes trabalham com o VectorWorks. Vale salientar que o VectorWorks é o *software* adotado na Universidade de Sheffield.

A questões 8, 9, 10, 11 e 13 de nosso questionário já foram previamente analisadas ao testarmos nossa hipótese secundária 1, respectivamente nos subitens (a), (b), (c), (d) e (e) do item 5.2.1

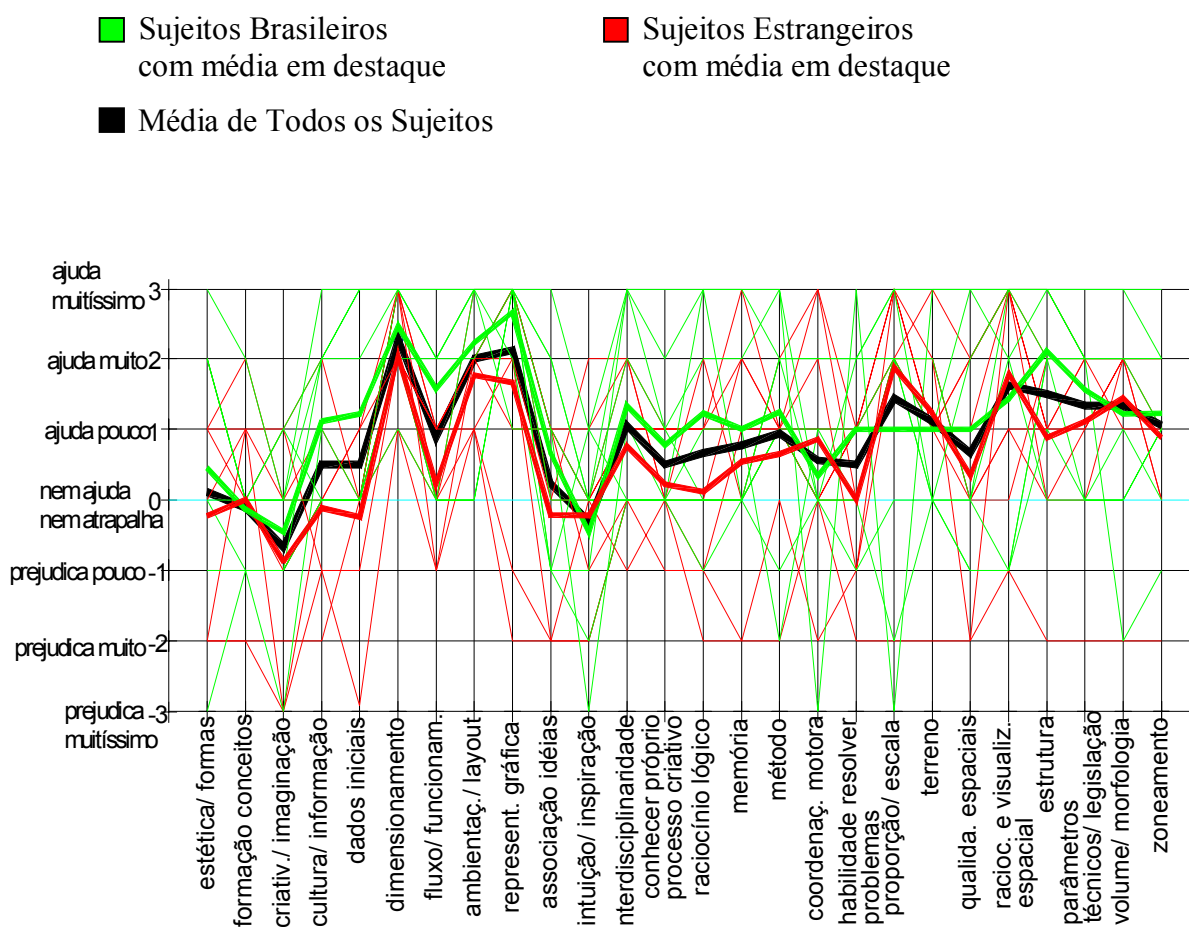
Tabela 5.35 - Notas dadas pelos sujeitos aos elementos, habilidades, noções, conhecimentos e competências durante a concepção de um projeto arquitetônico com as médias em destaque



Quando, na questão 14 do Questionário, foi pedido aos pesquisados para, usando uma escala de Likert de 0 a 6 (onde o zero é irrelevante e o seis é indispensável) graduar a importância dos elementos, habilidades, noções, conhecimentos e competências durante a concepção de um projeto arquitetônico, as consideradas mais importantes, levando em consideração a média e a moda entre os sujeitos, foram: raciocínio e visualização espacial (média= 5,11; moda= 6); cultura/informação/conhecimento prévio (média= 4,89; moda= 6); criatividade/imaginação (média= 4,89; moda= 4); qualidades espaciais (média= 4,83; moda= 5); formação de conceitos (média= 4,72; moda= 5); dados iniciais do projeto (média= 4,44; moda= 5); associação de idéias (média= 4,39; moda= 5); proporção/escala (média= 4,39; moda= 5); habilidade de resolver problemas (média= 4,33; moda= 5); insight/intuição/inspiração (média= 4,22; moda= 4); terreno (média= 4,17; moda= 5); volume/morfologia (média= 4,06; moda= 6); interdisciplinaridade (média= 4,06; moda= 4) (vide a Tabela 5.35 acima).

No entanto, vale a pena ressaltar que de modo geral as diferenças entre as médias gerais dos brasileiros e dos estrangeiros não foi significativa. Também, que o gráfico demonstra uma dispersão relativamente grande evidenciando que nem os brasileiros e nem os estrangeiros parecem concordar muito sobre que aspectos consideram de maior ou de menor importância.

Tabela 5.36 - Notas dadas pelos sujeitos à influência (positiva ou negativa) do uso do computador sobre os elementos, habilidades, noções, conhecimentos e competências durante a concepção de um projeto arquitetônico com as médias em destaque



Quando, na questão 15 do Questionário, foi-lhes pedido que usassem uma escala de Likert de -3 a 3 (onde o -3 significa prejudica muitíssimo, o zero significa nem ajuda nem atrapalha e o 3 significa ajuda muitíssimo) a fim de graduar a influência da computação gráfica sobre as habilidades, noções, conhecimentos e competências mencionados na questão anterior, as respostas apresentaram um resultado positivo em relação ao uso do computador na fase de concepção (vide a Tabela 5.36 acima). Tirando-se a média aritmética das respostas dos sujeitos, apenas a formação de conceitos, a criatividade e a intuição foram consideradas como sendo um pouco prejudicadas pelo uso da computação gráfica bem como tirando-se uma média geral entre as médias de cada elemento $(.11 - .11 - .67 + .5 + .5 + 2.28 + .89 + 2 + 2.11 + .22 - .33 + 1.06 + .5 + .67 + .78 + .94 + .56 + .5 + 1.44 + 1.11 + .67 + 1.61 + 1.5 + 1.33 + 1.33 + 1.06) / 26$, obtemos um resultado geral igual a 0,89. Com isso, poderíamos afirmar que, segundo a percepção dos sujeitos pesquisados, em média, o uso de computadores ajuda um pouco a concepção arquitetônica. No entanto, os elementos que foram considerados como sendo um pouco prejudicados pelo uso do computador, tais quais criatividade/imaginação, intuição/

inspiração, foram elementos considerados em média muito importantes na fase de concepção do projeto (vide a Tabela 5.36 acima).

Vale a pena ressaltar que de modo geral as diferenças entre as médias gerais dos brasileiros e dos estrangeiros não foi significativa. Também, que o gráfico demonstra uma dispersão relativamente grande evidenciando que nem os brasileiros e nem os estrangeiros parecem concordar muito sobre que aspectos consideram ser mais ou menos beneficiados ou prejudicados devido à utilização da computação gráfica.

Quando, na última questão do questionário, foi-lhes perguntado sobre que melhorias (em *software* e/ou *hardware*) eles poderiam sugerir para superar as barreiras entre computador e arquitetos, na fase de concepção de projeto, a maioria deles sugeriu tecnologias já disponíveis; mas, ainda pouco usadas tais como uma caneta ótica para fazer esboços digitais ou a habilidade de se conectar com o terreno. Um dos pesquisados sugeriu um scanner tridimensional de um modelo que pudesse gerar, a partir do mesmo, todas as plantas. Outros fizeram afirmações mais amplas pedindo: maior liberdade; maior capacidade de abstração; maior rapidez; incentivar pensamentos simultâneos e associação de idéias; facilidade de manipulação; facilidade de adaptação; diminuição da complexidade; facilidade pra desenharem-se curvas e esboços à mão livre; facilidade na geração de desenhos tridimensionais; visualização do projeto como um todo em uma escala razoável e a integração do projeto com o programa, a legislação, o zoneamento e as solicitações do cliente.

5.7.1. Conclusão

O objetivo da utilização do Questionário foi o de observamos as expectativas dos projetistas em relação às mídias, como estes têm percebido a influência das mesmas em seus processos de projeção e o que eles esperam no futuro.

A partir dos dados analisados pudemos chegar a algumas conclusões. Em primeiro lugar que o AutoCAD é o software dominante no mercado brasileiro e internacional. Em segundo lugar que a maioria dos pesquisados iniciam a fase concepção do projeto usando lápis e papel como ferramenta e só começam a projetar no computador com a idéia principal já gerada no lápis. Eles não possuem o hábito de esboçar diretamente no computador e consideram o lápis e papel como uma mídia mais rápida para se trabalhar na fase de concepção. As habilidades e características mais associadas pelos pesquisados ao lápis e papel, tais quais: abstração, raciocínio de projeto, liberdade, ordenação dos pensamentos, percepção e esboços sem medidas, são as consideradas, por pesquisadores na área, como as mais importantes à fase de concepção projetual. Também, que as habilidades cognitivas que foram consideradas, em média, como um pouco prejudicadas pelo uso do computador, tais

quais criatividade/ imaginação, intuição/ inspiração, foram também consideradas, em média, muito importantes na fase de concepção do projeto.

5.8. Conclusão

No capítulo acima, analisamos os dados encontrados em nosso Experimento. Para facilitar a compreensão, dividimos a análise nos itens relativos ao teste de hipóteses, às tarefas isomórficas (subdivididas em análise geral, categorias de segmentação e categorias de ação cognitiva) aos modelos mentais e aos questionários. Apresentamos conclusões parciais referentes a cada um destes itens analisados ao final de cada uma das seções acima.

Na primeira seção, a partir da utilização de provas estatísticas, testamos nossas hipóteses sobre as diferenças entre a utilização de *software* de computação gráfica e lápis e papel na fase de concepção de um projeto arquitetônico. A comparação de dados deste estudo mostrou ser possível validar nossa hipótese principal e nossas hipóteses secundárias. Pudemos então, concluir, com um erro menor que 5% que:

Na fase específica de concepção do projeto, a mídia tradicional (lápis e papel) ainda apresenta vantagens sobre a mídia digital (computador) devido às limitações do estado da arte de *hardware* e *software* e das estratégias de abordagem atualmente adotadas pelos arquitetos em relação à mídia digital.

Também podemos concluir que:

H 1. A forma como a ferramenta computacional estrutura-se e constrói sua interface com o usuário impõe níveis de precisão, rigidez e compromisso que pressionam o arquiteto a tomar decisões antes que este esteja preparado a fazê-las;

H 2. A falta de compreensão e domínio da ferramenta computacional por parte do usuário limita a utilização da computação gráfica tornando-a mais uma ferramenta de representação do que de concepção;

H 3. Existem diferenças significativas entre as ações cognitivas dos arquitetos, na fase de concepção de projeto, quando estes utilizam mídias distintas (lápis X CAD);

H 4. O uso da mídia tradicional favorece uma melhor compreensão do problema.

Na segunda seção deste capítulo, referente à descrição das tarefas, concluímos afirmando que as tarefas desenvolvidas a lápis e papel apresentaram, em média, um resultado melhor em todas as categorias analisadas: menor tempo; maior domínio da ferramenta; representações múltiplas; maior número de soluções e melhor utilização do espaço, escala, proporção, dimensionamento, funcionamento, identidade, apresentação e representação gráfica, exeqüibilidade e estética.

Concluimos a seção sobre as Categorias de Segmentação afirmando que a mídia tradicional apresentou um número mais alto de segmentos e que estes foram muito mais densamente ordenados, significando que os projetistas mudaram suas tomadas de decisões e metas mais frequentemente quando usaram a mídia tradicional.

Na seção em que analisamos as Ações Cognitivas, também concluimos afirmando que existem mais ações cognitivas na mídia de esboço à mão-livre (LÁPIS), independentemente da sequência das mídias.

Os principais resultados relacionados aos modelos mentais foram que os modelos mentais do processo de projeção representados pelos sujeitos nas duas mídias não apresentaram diferenças relevantes. No entanto, baseados nas categorias de segmentação das tarefas dos mesmos sujeitos, apresentamos um modelo mental do processo de resolução de problemas na fase de concepção de um projeto, em que a grande diferença entre as duas mídias é que no computador há um encurtamento do tempo da fase de definição do problema, e a diminuição de redefinições dos espaços e idéias e da elaboração de perspectivas.

Na seção relativa aos questionários concluimos que, em primeiro lugar, o AutoCAD é o software dominante no mercado brasileiro e internacional. Em segundo lugar, a maioria dos pesquisados iniciam a fase concepção do projeto usando lápis e papel e só começam a projetar no computador com a idéia principal já definida no lápis. Eles não possuem o hábito de esboçar no computador e consideram o lápis e papel mais rápido para se trabalhar na fase de concepção. As habilidades e características mais associadas ao lápis e papel, como: abstração, raciocínio de projeto, liberdade, ordenação dos pensamentos, percepção e esboços sem medidas, são as consideradas, por pesquisadores na área, como as mais importantes à fase de concepção projetual. Também, que as habilidades cognitivas que foram consideradas, em média, como um pouco prejudicadas pelo uso do computador, tais quais criatividade/imaginação, intuição/ inspiração, foram também consideradas, em média, muito importantes na fase de concepção do projeto.

O objetivo da descrição dos dados e da apresentação das análises estatísticas neste capítulo foi o de dar subsídios para as conclusões que serão apresentadas no próximo capítulo.

CAPÍTULO 6. Discussão e Conclusões

6.1 Introdução

O presente trabalho teve por objetivo principal investigar as implicações geradas pelo uso da computação gráfica na concepção de um projeto de Arquitetura, especificamente o modo como a utilização da computação gráfica vem modificando o pensamento projetual e a interação entre o arquiteto e a proposta/problema projetual, durante a fase de concepção de um projeto arquitetônico, segundo uma abordagem cognitiva desta interação. Com este intuito, visamos observar e relacionar os processos cognitivos dos arquitetos durante a concepção do objeto arquitetônico usando ambas as mídias (mídia tradicional X mídia digital).

A principal questão desta pesquisa é: de que modo a computação gráfica tem afetado os processos cognitivos responsáveis pela concepção de um projeto arquitetônico?

Como desdobramento do nosso objetivo principal, apresentamos os seguintes objetivos específicos:

1. Compreender as relações existentes entre os métodos de construção e representação do conhecimento na concepção do espaço arquitetônico, assistido por computador, com aqueles que utilizam os instrumentos tradicionais de desenho.
2. Analisar a influência das novas tecnologias de computação gráfica nos processos cognitivos que interferem no processo de concepção de um projeto arquitetônico.

A natureza interdisciplinar do problema pesquisado fez necessária a compreensão razoável de pelo menos três campos temáticos que deram suporte a nossa pesquisa: o processo projetual arquitetônico (focando a fase inicial de concepção); os processos cognitivos aplicados à Arquitetura e os meios de representação arquitetônica (lápiz e papel X CAD) aplicados à concepção arquitetônica. Assim, levando em consideração esta interdisciplinaridade e visando atingir os nossos objetivos e confirmar ou refutar nossas hipóteses, estruturamos nossa tese em seis capítulos. Cada um destes capítulos serviu como embasamento para a discussão e as conclusões finais que serão apresentadas no presente capítulo.

Nos capítulos 1, 2 e 3 apresentamos o referencial teórico necessário à compreensão de nossa análise. No capítulo 1 tratamos sobre o Processo Projetual, no capítulo 2 sobre o papel da cognição neste processo e no capítulo 3 sobre a influência dos meios de representação gráfica neste processo. No capítulo 4 descrevemos a metodologia empregada (Análise de Protocolos) com suas respectivas etapas e no capítulo 5 apresentamos os resultados encontrados e uma análise estatística dos mesmos.

Concluimos o capítulo 1 confirmando o papel fundamental da mídia digital no processo projetual, a partir das tentativas de fornecer um modelo alternativo para a prática arquitetônica. Ainda neste capítulo definimos Arquitetura como um conjunto de relações estabelecidas entre as pessoas e o espaço construído; reafirmando assim, a necessidade de se focar esforços não somente no projeto da Geometria dos edifícios, mas no projeto da interação entre as pessoas e a edificação, concebendo a qualidade e os padrões de tais interações. Em outras palavras, os arquitetos deveriam projetar o processo projetual do edifício tanto quanto projetar o próprio edifício. Dentro desta visão da Arquitetura, buscamos, em nosso presente trabalho, dar nossa contribuição através da tentativa de melhor compreender o processo projetual.

No capítulo 2, apresentamos os aspectos das habilidades cognitivas utilizadas pelo arquiteto durante o processo projetual, considerados como mais importantes pelos pesquisadores do campo da cognição na Arquitetura e os aspectos relevantes da Teoria dos Modelos Mentais para o nosso projeto de pesquisa. Concluimos este capítulo tentando justificar, a partir da Teoria dos Modelos Mentais, a subutilização das ferramentas CAD para a concepção arquitetônica, já que mesmo após anos de experiência, os arquitetos não alcançam um nível de aprendizado estratégico, tendendo a usar estratégias ineficientes e semelhantes às técnicas de traçado manual. Concluimos também que, no processo projetual, apesar de nem tudo encontrar-se baseado em uma manipulação consciente de idéias, diferentes processos de pensamento cognitivos alternam-se a fim de desenvolver o projeto, incluindo: a percepção, a memória, o raciocínio, a linguagem, a resolução de problemas e a formação de conceitos. Ainda, destacamos o papel fundamental da mídia como fator que acarreta mudanças nos processos cognitivos dos indivíduos durante a projeção.

Em seguida, concluimos o capítulo 3, no qual analisamos a influência das mídias (lápiz e computador) sobre a projeção arquitetônica, constatando que vivemos uma fase temporária de adaptação em que as técnicas computacionais encontram-se em estado de desenvolvimento. Apostamos no computador como uma ferramenta que poderá, futuramente, a partir do desenvolvimento de suas capacidades de *hardware* e *software* e da adaptação do homem a ela, disseminar-se como ferramenta que venha, conjuntamente com o lápis e papel, a auxiliar o trabalho criativo da concepção de projeto. No entanto, a situação atual reflete a falta de adaptabilidade das tecnologias de *hardware* e *software* para serem utilizados na concepção de um projeto reafirmando o lápis e papel como uma mídia que ainda oferece um melhor suporte à atividade de concepção projetual.

Concluimos o capítulo 4, no qual descrevemos a Metodologia empregada, acreditando que a abordagem qualitativa adotada, com a utilização de questionários, modelos mentais,

tarefas isomórficas e protocolos verbais e visuais destas tarefas, representa um modelo metodológico com informações que se complementam, contemplando diferentes aspectos do tema em estudo.

No capítulo 5 analisamos nossos dados e apresentamos os resultados encontrados em seis seções distintas com conclusões específicas em cada uma delas. Na primeira seção, a partir da utilização de provas estatísticas testamos nossas hipóteses sobre as diferenças entre a utilização de *software* de computação gráfica e de lápis e papel na fase de concepção de um projeto arquitetônico. A comparação de dados deste estudo mostrou ser possível validar nossa hipótese principal e nossas hipóteses secundárias. Nas seções seguintes, fizemos, primeiramente, uma análise mais geral das tarefas isomórficas desenvolvidas nas duas mídias para, em seguida partirmos para análises mais específicas dos dados relacionados tanto aos protocolos verbais (analisados segundo suas categorias de segmentação e categorias de ações cognitivas) quanto aos modelos mentais e aos questionários. Concluímos afirmando que as tarefas desenvolvidas a lápis e papel apresentaram, em média, um resultado melhor em todas as categorias analisadas: menor tempo; maior domínio da ferramenta; representações múltiplas; maior número de soluções e melhor utilização do espaço, escala, proporção, dimensionamento, funcionamento, identidade, apresentação e representação gráfica, exeqüibilidade e estética.

No presente capítulo (capítulo 6), pretendemos apresentar uma discussão sobre o tema, nossas conclusões e as recomendações para uma possível mídia digital de suporte mais efetivo à concepção de projeto. Esta discussão e as conclusões encontram-se embasadas no referencial teórico apresentado nos capítulos 1, 2 e 3; bem como, nos resultados encontrados a partir da metodologia adotada, descrita no capítulo 4, e na análise estatística dos dados empíricos coletados e apresentados no capítulo 5.

6.2. Implicações Sobre o Uso da Mídia Digital

Como vimos no capítulo 2, durante o processo projetual, a maior limitação imposta pelo sistema cognitivo é a pequena capacidade da memória de curto prazo. O projetista, portanto, não consegue representar inteiramente na mente todos os condicionantes de um projeto arquitetônico, dependendo da memória externa na forma de desenhos e modelos. O esboço de um projeto, atividade abordada no item 3.2 do capítulo 3, é um modo de processamento das imagens mentais. A externalização produz um registro de nossos esforços mentais. Isto nos alivia da tarefa sempre difícil de pensar sobre os nossos próprios pensamentos, corporificando nossos pensamentos e intenções em uma forma mais acessível aos nossos esforços reflexivos. Estas representações externas podem melhorar o desempenho,

aumentando efetivamente a memória de um arquiteto e facilitando a avaliação de certas idéias.

A dificuldade de interação entre o arquiteto e a mídia digital (analisada no capítulo 3), faz com que ele sobrecarregue seu sistema cognitivo tentando resolver diversos condicionantes ao mesmo tempo, pensando e representando-os mentalmente antes de começar a representá-los graficamente, a fim de que, ao representá-los no computador, isto já se trate de uma representação definitiva. Quando os arquitetos trabalham com a mídia tradicional, a resolução dos problemas, a representação mental e a representação gráfica dos mesmos parece caminhar quase que de modo paralelo, tornando-se difícil às vezes determinar quem surge primeiro. Também, a externalização de pensamentos usando um lápis sobre uma folha de papel requer uma carga cognitiva mínima. O arquiteto pode refletir enquanto desenha. O esboço a lápis oferece mais velocidade e fluidez ao pensamento. No caso da mídia digital, parece-nos que, quando a representação gráfica acontece, a solução já foi pensada e repensada e representada na mente do sujeito. Deste modo, fica claro que o que está acontecendo é um choque de estratégias de cognição e representação. O arquiteto está pensando e representando mentalmente e entra em conflito com outra possibilidade de pensamento – representação oferecida pelas ferramentas CAD. Com o lápis, esse processo acontece naturalmente, mas quando o arquiteto vai para o computador ele tenta usar a mesma estratégia que ele está acostumado a usar com o lápis mas depara-se com um meio que lhe é estranho.

Alguns obstáculos trabalham contra se pensar rapidamente e de modo abstrato com os pacotes CAD de hoje, como por exemplo, a precisão e a estruturação interna das representações CAD. As atuais ferramentas CAD são bastante impositivas, não oferecendo um suporte à imprecisão e à incerteza que os esboços de concepção necessitam e, portanto, freqüentemente, fixam ou cristalizam conceitos projetuais em desenvolvimento. Tais ferramentas, também, não propiciam um bom trabalho no sentido de casarem-se com as representações mentais usadas pelos arquitetos. A fim de constituir-se em uma ajuda valiosa, uma representação externa não pode tornar-se uma fonte de esgotamento dos recursos cognitivos. Esta tem que evitar que os usuários tenham que traduzir conceitos de suas representações internas nos termos da representação externa (como já exemplificamos no capítulo 3); isto é, quando o arquiteto é obrigado a traduzir idéias de projeto em representações no sistema CAD, isto interfere no projeto, em lugar de ajudar. Tentar mudar a estrutura da memória e os processos de pensamentos subscientes usados pelos arquitetos não parece-nos uma abordagem produtiva. Uma abordagem melhor seria a de construir sistemas CAD com os quais o arquiteto trabalhasse permitindo-lhe que este usasse seus processos mentais familiares e com um mínimo de intrusão.

Infelizmente, na maioria dos sistemas CAD, o usuário ou é forçado a traduzir idéias arquitetônicas nos termos dos sistemas ou a tentar pensar em termos de elementos do mesmo. Qualquer uma das opções desperdiça recursos cognitivos. O computador deveria fazer a tradução, permitindo que o arquiteto se concentrasse no uso dos processos e conceitos vitais à sua habilidade de projetar.

Já que os diagramas e esboços com lápis são abstratos, o arquiteto pode evitar pensar prematuramente sobre os detalhes. Porque estes são rápidos e fáceis de serem executados, o arquiteto pode rapidamente explorar uma variedade de tipos de soluções sem o esforço ou o compromisso de fazer desenhos mais elaborados.

Os desenhos finais que especificam o artefato projetado para a construção ou manufatura são caracterizados pelo total comprometimento deixando pouco espaço para a ambigüidade ou a abstração. As ferramentas CAD mais utilizadas pelos arquitetos preocupam-se, em sua maioria, em dar suporte às fases finais da projeção. Elas requerem do arquiteto a identificação dos elementos de projeto e as relações entre eles de modo específico e preciso, ao invés de aceitar a abstração característica da fase de concepção de projeto. Portanto, como pudemos constatar a partir de nosso trabalho empírico, a grande maioria dos arquitetos permanece utilizando lápis e papel para fazer suas explorações iniciais e trazem o projeto para o computador apenas depois que o trabalho tenha alcançado um estágio apropriado ao esforço, comprometimento e precisão que o CAD demanda.

As representações internas da maioria dos programas CAD não refletem os modos e características usados pelos arquitetos na fase de concepção, tais quais as linhas paralelas de pensamento, a ambigüidade, a abstração e a incerteza (atividades centrais do processo projetual criativo). De fato, parece-nos que a habilidade de manter várias visões do edifício sem estar muito preocupado ou com pressa em reconciliá-las seja central ao ato criativo de projetar.

Outro obstáculo apresentado pelos pacotes CAD de hoje são as interfaces homem – máquina dos programas. A interface através do mouse prejudica a fluidez do desenho; bem como, os menus ou barras de ferramentas, também, demandam um esforço maior do que o apropriado para se expressar uma idéia com a qual o arquiteto dificilmente estará definitivamente comprometido. A interface do programa CAD faz com que o arquiteto trabalhe demais e suas representações específicas pressionam o arquiteto a tomar decisões específicas antes que este esteja preparado para fazê-las.

No computador, os elementos devem ser identificados precisamente e posicionados com tamanhos definidos e relacionados a outros elementos projetuais de modos específicos sendo, portanto, difícil para um arquiteto adiar a tomada de decisões precisas e específicas.

Estes obstáculos sugerem um outro tipo de abordagem do computador para dar suporte à fase de concepção. Primeiramente, adotar uma interface baseada no paradigma da representação do lápis e papel, permitindo que o arquiteto desenhe diretamente o que ele tem na cabeça, com diversos graus de precisão, ambigüidade e abstração. Em segundo lugar, fornecer representações internas que possam tolerar a ambigüidade e a incompletude, ainda que estas possam tornar-se mais formais e estruturadas à medida que o projeto evolua.

Como pudemos verificar em nosso trabalho empírico (vide o capítulo 5), embora os projetistas tenham sido expostos às várias características de imagem da mídia digital, eles/elas freqüentemente não usaram a maioria delas quando estavam esboçando ativamente. Uma razão poderia ser a de que os projetistas não precisem de um meio com uma quantidade excessiva de imagens gráficas e características; já que eles são adaptáveis a imagens interativas através do esboço, que propõem trocas sistemáticas entre argumentos conceituais e figurativos. Assim, o meio de representação tem que ser ao mesmo tempo claro e ambíguo de modo que a imagem interativa possa tornar-se possível durante a fase de concepção do projeto. Em segundo lugar, um dos fatores que fizeram a mídia digital tomar mais tempo foi a falta de domínio da mídia por parte dos projetistas (vide o capítulo 5), estes perdiam muito tempo tentando encontrar comandos e algumas vezes desistiram do que gostariam de representar por incapacidade de fazê-lo. Assim, algumas características do *software* podem permanecer sem uso. Isto também caracteriza a maioria dos sujeitos como usuários principiantes de CAD, apesar deles terem escolhido o *software* com o qual já estavam familiarizados e a maioria deles usarem este *software* há um bom tempo.

Semelhantemente ao número total de categorias segmentares, o número total de ações cognitivas também foi mais alto na mídia tradicional (vide o capítulo 5). Este resultado pode ser explicado pelo modo de pensar e raciocinar dos projetistas em mídias distintas. Primeiramente, os projetistas sempre usaram o esboço a LÁPIS como uma ferramenta cognitiva ao longo de sua educação, o que em troca poderia limitar sua interação cognitiva com a mídia digital. O treinamento das habilidades cognitivas, criativas e manuais para o trabalho de esboço a lápis contribui fortemente para a interação excepcional desta técnica de representação durante a concepção arquitetônica. Por sua vez, o *software* CAD comercial não apresenta a mesma rapidez, flexibilidade e facilidade de expressão que o esboço com lápis e papel. E, estas características são necessárias para dar suporte às atividades habituais dos projetistas, tais como rabiscar e desenhar diagramas, o movimento gestual do lápis, a atividade de copiar por cima e assim por diante as quais, todas, parecem ser evidências do pensamento visual e do raciocínio.

Ao mesmo tempo, as ferramentas CAD, com seus recursos de modelagem, visualização, manipulação e simulação constituem-se em novos meios mediadores que possibilitam outras formas de elaboração de hipóteses e estão modificando a forma de raciocinar do arquiteto, alterando seu comportamento mental. Pois, a computação gráfica fornece ferramentas completamente novas para o pensamento. Também, se as tecnologias de *hardware* e de *software* tornarem-se mais adequadas à fase de esboço de concepção, apoiando os modos do pensamento humano nesta fase. E, se ao mesmo tempo, os seres humanos desenvolverem uma compreensão e domínio maior sobre estas ferramentas, parece-nos que os computadores podem, em um futuro próximo, vir a apoiar a criatividade humana em projeto em lugar de automatizar ou enrijecer o processo projetual. O computador pode vir a ajudar os arquitetos a manterem uma visão geral do desenvolvimento de suas idéias com o passar do tempo, mostrando o estado atual do processo e apoiando e estimulando a geração de novas associações sempre que se façam necessárias.

Se realmente queremos desenvolver o projeto auxiliado pelo computador primeiramente temos que compreender os processos humanos de projetar e os métodos de representação mental que estamos tentando apoiar. Hoje sabemos mais sobre esses processos que antes e ainda assim este conhecimento ainda não influenciou os sistemas CAD mais usados pelos arquitetos significativamente. No item 6.3.7 apresentaremos algumas recomendações sobre *hardware* e *software* que consideramos importantes a fim de que o computador possa vir a apoiar a atividade criativa da concepção projetual, talvez trabalhando de modo interativo com o lápis e papel ou talvez, futuramente, substituindo o lápis e papel de modo competente em diversas atividades criativas.

6.3. Conclusões

Este estudo caracterizou-se pela tentativa de modelar e analisar os efeitos de mídias distintas nos esboços dos projetistas, no qual, o pensamento projetual dos mesmos, durante a solução de dois problemas projetuais, foi examinado pelo método de análise de protocolos retrospectivos, utilizando-se como métodos complementares os modelos mentais e o uso de questionários. Outro objetivo deste estudo era o de decompor o processo inteiro de resolução de problemas em segmentos típicos dependendo das intenções dos projetistas. O vocabulário necessário à identificação das ações primitivas dos projetistas surgiu a partir de uma reavaliação do esquema de codificação utilizado por SUWA et al. (1998a) embora, permanecendo com a divisão básica das ações cognitivas em físicas, perceptivas, funcionais e conceituais. A análise de segmentação e categorias de ações cognitivas possibilitou uma compreensão do pensamento projetual comparando-se as mídias tradicional e digital.

O esquema de categorias de segmentação usado foi o mesmo independentemente da mídia usada em cada sessão projetual (vide o capítulo 4), o que significa que este esquema agiu como uma sistemática geral que ajudou a modelar o processo de resolução dos problemas específicos. Usando o esquema de categorias de segmentação, as estratégias de resolução de problemas dos projetistas foram analisadas e foi observado que não existe uma tendência para usar estratégias específicas para todos os participantes ao longo das sessões projetuais. No entanto, foi observado que todos os participantes tiveram algumas submetas comuns quando lidavam com tarefas específicas. Analisando a sequência de submetas na estratégia agrupada, um resultado significativo foi o de que a atividade de copiar o projeto nos esboços à mão livre normalmente foi seguida pela redefinição dos espaços ou relações, que são um sinal de re-interpretação. O agrupamento das estratégias também revelou que os projetistas associam relações de espaços globais mais efetivamente quando trabalham com esboços à mão livre, já que a mídia digital não apresentava flexibilidade suficiente para permitir a atividade de rabiscar ou mesmo uma representação diagramática (vide o capítulo 5). Estas conclusões sugerem que os pacotes CAD para dar suporte à atividade de concepção deveriam oferecer a possibilidade da cópia semi-transparente, o passar a limpo que o lápis e papel oferecem e uma ferramenta que permita a representação diagramática.

6.3.1. O Esboço de Concepção com Mídias Distintas: Um Estudo Relacional

As descobertas deste estudo confirmaram a importância do esboço como um ato de projetar. Porém, quando foi pedido que os sujeitos usassem apenas ferramentas CAD, eles modificaram suas abordagens de projeto. Em vez de usar a abordagem convencional de – pensar e esboçar => formular conceitos, os sujeitos mudaram para uma nova abordagem – uma abordagem CAD – pensar => formular conceitos. Uma pesquisa empírica se faz necessária a fim de avaliar o impacto desta troca na qualidade das soluções de projeto.

O estado da arte da mídia digital hoje em conjunto com o modo de abordagem por parte dos arquitetos leva-nos a um equilíbrio dinâmico entre os sistemas digital e tradicional de representação arquitetônica. Ainda precisamos de ambas as mídias já que cada uma dedica-se a territórios práticos distintos. Falta conhecimento de *software* e *hardware*, já disponíveis no mercado, por parte dos arquitetos. Também, faltam habilidade e domínio do *software* adotado por eles. Bem como, falta sensibilidade por parte dos projetistas de *hardware* e *software* em aproximá-los o mais possível do processo de liberdade criativa necessário à fase de concepção. O arquiteto não quer, nesta fase inicial, em que está lidando com tantas variáveis ao mesmo tempo, sobrecarregar a mente com mais uma atividade cognitiva.

Usar um sistema de computador requer que o arquiteto traduza seus pensamentos para a linguagem do computador antes mesmo que possa dar entrada nos dados e modificá-los. Também, exige do arquiteto uma quantidade de informações que ele ainda não tem definida na fase inicial da concepção. Observamos através de nosso trabalho empírico que os arquitetos geram mais conceitos quando usam a mídia convencional do que no computador (vide o capítulo 5). A razão parece ser a deficiência dos sistemas de computador atualmente utilizados em dar suporte às tarefas de esboço.

A atividade de esboço dos projetistas parece apresentar uma dinâmica diferente em mídias de representação distintas em termos de pensamento e realização de um projeto. A primeira diferença significativa é que as metas e intenções dos projetistas mudaram mais freqüentemente na mídia tradicional (vide o capítulo 5). Esta situação foi apoiada pelas descobertas de GOEL (1995) que concluiu que os esboços a lápis facilitam as transformações laterais e previnem as fixações iniciais e justificada pela natureza ambígua dos esboços e pelo hábito dos projetistas de usar esboços como mídia de representação ao longo de sua educação. Semelhantemente ao número total de categorias segmentares, o número total de ações cognitivas também era significativamente mais alto na mídia tradicional (vide o capítulo 5). Este resultado não pode ser interpretado como uma tendência para pensar, ver ou perceber menos na mídia digital, mas como os projetistas modificam seus modos de pensar e raciocinar quando utilizando-se de mídias diferentes. Levando-se em consideração que os projetistas sempre usaram os esboços a lápis como ferramenta cognitiva ao longo de sua educação, isto pode estar limitando sua interação cognitiva com a mídia digital. Além do mais, os *software(s)* escolhidos pelos sujeitos (AutoCAD no Brasil e VectorWorks e AutoCAD na Inglaterra), que são também os mais usados e mais conhecidos pelos arquitetos, mostraram-se inadequados para dar suporte às suas atividades de esboço habituais.

6.3.2. As Limitações e Características Apresentadas pelos Esboços no Computador

O *software* CAD comercial atual, normalmente, trabalha com o princípio desenhe primeiro e depois modifique e isto foi observado nas ações físicas dos projetistas. Já que as ações de modificar foram usadas mais freqüentemente na mídia digital. O uso da visualização tridimensional na mídia digital não afetou significativamente a avaliação e implementação de critérios funcionais no problema projetual específico. Além do que, dos dezoito sujeitos, apenas cinco utilizaram este recurso.

A atividade de esboço, abordada no item 3.2 do capítulo 3, serve como uma interface perceptiva através da qual pode-se descobrir relações funcionais não visuais subjacentes às características visuais. Se uma ferramenta computacional de esboço puder encorajar os

usuários a responder às características visuais nos esboços e a interpretar o que estes sugerem, isto pode fornecer aos usuários uma interatividade enriquecida e motivá-los a usar o computador como ferramenta de concepção de projeto. O computador, também, poderá vir a ajudar muito atuando como um sistema especialista auxiliando os humanos com sua memória episódica e oferecendo-lhes sugestões.

Kolli e Stuyver (em HENNESSEY, 1994), após estudar alguns programas CAD, revelaram que com o estado da arte destes programas até mesmo uma elementar tarefa de combinação com componentes simples é realizada com dificuldade. A maioria dos programas requer um tempo considerável para realizar o alinhamento de componentes. Em nosso experimento, a tarefa de combinar elementos também não procedeu sem esforço e nem tão rápido para que estes programas pudessem ser chamados de intuitivos. Quando os sujeitos tiveram que reestruturar os componentes dos objetos previamente combinados, aconteceu que alguns sujeitos tinham escolhido uma forma de combinar que não permitiu qualquer alteração dos componentes. Então, estes tiveram que combinar o objeto novamente antes que pudessem reestruturá-lo. Isto indica que a reestruturação também não é um trabalho fácil de ser executado nos programas CAD atuais. Estes programas, portanto, também não satisfizeram à exigência de se mostrarem úteis como ferramentas para o esboço de geração de idéias nas fases criativas iniciais do processo projetual.

Com um programa CAD tradicional, o arquiteto também terá dificuldades em executar transformações de figuras. Em muitos casos o arquiteto tem que fazer um novo desenho de toda uma configuração e isso obstrui o processo criativo, porque traz estagnação em um momento onde o progresso é requerido.

Nos programas CAD correntes, nenhum dos componentes do processo criativo, mencionados anteriormente no capítulo 2, tais quais: a percepção, a memória, o raciocínio, a imaginação, a abstração, a formação de conceitos e a resolução de problemas (através da combinação e da reestruturação) parece ser muito bem suportado. A combinação, por exemplo, é demorada quando deveria ocorrer sem esforço e a reestruturação quase não é suportada. Então, os programas CAD atuais não parecem apropriados para apoiar o processo criativo na fase de concepção de projeto onde normalmente são feitos os esboços das idéias. Estes programas tomam muito tempo e forçam os arquitetos a especificar mais detalhes de projeto do que eles desejam nesta fase inicial da projetação. As mesas eletrônicas de esboço que, como papel e lápis, dão suporte à entrada de dados não especificados e deixam a tarefa da combinação e da reestruturação a cargo do projetista parecem ser, por enquanto, as ferramentas eletrônicas para a criação de idéias mais apropriadas. No entanto, atualmente,

faltam a estas mesas, ferramentas de apoio para a reestruturação. A eficiência destas mesas, que têm a finalidade de esboçar idéias, poderia ser consideravelmente melhorada; porém, se funções tais quais as ferramentas, que permitissem olhar para a mesma coisa de outro modo, fossem fornecidas.

6.3.3. A Efetividade do Esboço a Lápis

Os esboços a lápis – em virtude de serem sintática e/ou semanticamente mais densos e/ou ambíguos – desempenham um papel importante na fase criativa, explorativa e aberta da resolução do problema. Este papel inclui facilitar as transformações laterais (o movimento de uma idéia para outra ligeiramente diferente) e prevenir fixações iniciais ou cristalizações através de um ordenamento denso dos elementos sintáticos e semânticos e ambigüidade dos conteúdos e/ou referentes. Essas funções são prejudicadas pelas representações externas no computador. O esboço no computador pode vir a prejudicar a exploração e o desenvolvimento das soluções alternativas (transformações laterais) e forçar a cristalização prematura da solução de projeto. Uma comparação do número médio das transformações laterais (tanto nos níveis sintáticos quanto semânticos) entre as duas mídias no nosso presente estudo comprova esta hipótese (vide capítulo 5).

O que pode ser concluído, a partir da análise dos resultados de nossa pesquisa empírica apresentada no capítulo 5, é que os projetistas foram mais efetivos na mídia tradicional: na utilização do tempo, no domínio da ferramenta, no emprego de representações múltiplas, na compreensão do problema, na produção de soluções alternativas e na percepção de características visuais - espaciais e das relações organizacionais de um projeto, na fase de concepção do projeto, do que na mídia digital. Embora a mídia digital, à primeira vista, possa parecer inconveniente para a fase de concepção de um projeto, isto vai depender dos hábitos projetuais dos projetistas e da inflexibilidade/ flexibilidade do *software* CAD utilizado. Visto que, o modo como nós lidamos atualmente com a noção das representações mentais via computador não faz justiça a todo o alcance da atividade simbólica humana.

6.3.4. A Utilização dos Sistemas CAD Hoje

Temos que ser bastante cautelosos, críticos e realistas sobre o uso de computadores na Arquitetura. O campo está repleto de pesquisadores e estudantes bastante entusiasmados sobre seu uso e que não fazem uma análise crítica mais aprofundada. Ao mesmo tempo, há alguns arquitetos bastante conservadores e muito pessimistas sobre o uso dos computadores. Nesta

tese, tentamos ler e escutar pontos de vista pessimistas, otimistas e realistas, o que associado às descobertas de nosso trabalho empírico nos auxiliou a formar nosso próprio ponto de vista.

A maioria dos *softwares* CAD de fato utilizados hoje por arquitetos não são usados para a concepção de projeto, estes são usados na geração e produção de desenhos. Porém, existem algumas exceções muito significantes. Como por exemplo, o uso de ferramentas de modelar por arquitetos como Gehry. Não há nenhuma dúvida que arquitetos como Gehry ou Foster (e muitos outros citados no item 1.6 do capítulo 1) estão produzindo uma Arquitetura que não poderia estar sendo produzida sem o auxílio dos computadores. Assim, podemos ver, por exemplo, muito mais formas curvilíneas e surpreendentes no trabalho de Gehry. Há duas principais razões para isso. Primeiramente, o mercado vem oferecendo pacotes de modelagem tridimensional muito mais sofisticados. Apesar de alguns deles não terem sido criados como pacotes Arquitetônicos. Por exemplo, o *software* usado por Gehry (o CATIA) não é um pacote arquitetônico. E, a segunda razão é que eles podem conectar a projeção à fabricação construindo edifícios altamente individualizados sem custos tão altos.

No entanto, embora Gehry use bastante os computadores para a modelagem de seus projetos, ainda concebe seus edifícios esboçando com lápis e papel e posteriormente, repassando esses desenhos para um especialista responsável pela transição do lápis e papel para o computador. Então, até mesmo neste caso, de uma Arquitetura volumétrica e espacialmente surpreendente, onde realmente podemos visualizar a influência dos computadores na Arquitetura resultante, o arquiteto ainda começa seu processo projetual de um modo tradicional. Acreditamos que o fato disto acontecer tem a ver com a diferença entre modeladores e escultores. É realmente interessante que usemos os *softwares* de modelagem; mas, o que realmente precisamos é de *softwares* escultores. O que queremos dizer com isto é que há toda uma abordagem de projeção que compreende que a forma não é abstrata e vem de uma compreensão da natureza do material. Existem muitos exemplos arquitetônicos disto, por exemplo, o trabalho de Santiago de Calatrava (abordado no capítulo 2). É muito interessante que Calatrava, que além de arquiteto também é engenheiro, use computadores por muitas razões distintas, como para definir a estrutura, por exemplo, mas não use computadores nas fases iniciais de concepção de projeto.

Outro problema discutido em capítulos anteriores é que os arquitetos são capazes de pensar sobre uma edificação de muitos modos distintos ao mesmo tempo, isso é o que LAWSON (1998) denominou de linhas paralelas de pensamento (vide item 1.4.3 do capítulo 1 e item 2.4 do capítulo 2). Os arquitetos podem pensar sobre uma edificação como invólucros, como espaços, como superfícies e assim por diante, mas o computador ainda não

oferece uma interface apropriada que nos permita projetar do mesmo modo como pensamos sobre projetos, com estas linhas paralelas de pensamento.

Assim, acreditamos que para que um *software* CAD possa tornar-se realmente útil nas fases iniciais de concepção de projeto, este deve oferecer um sistema com maior reconhecimento de esboço – maior reconhecimento do gestual da mão – portanto, o que realmente precisamos são de intérpretes de esboços de modos distintos (um intérprete multi-modal). Os computadores devem apresentar a habilidade de interpretar o edifício de muitos modos (como paredes, como espaços e assim por diante). Conseqüentemente, antes que o CAD torne-se criativamente útil no início do processo projetual, precisamos de um desenvolvimento muito maior de *software* e de *hardware*, do que o que de fato temos disponível no momento.

No entanto, atualmente, uma série de melhorias importantes vem tornando-se possível graças ao uso do computador. Dentre estas melhorias, podemos citar os trabalhos dos arquitetos deconstrutivistas (vide o item 1.6 do capítulo 1) que vêm tentando suplantar o perspectivismo na Arquitetura através da tentativa de destruir a estabilidade da forma arquitetônica e expressar um espaço não-cartesiano. Para estes arquitetos, a utilização de computadores tem sido imprescindível para a representação e posterior edificação de suas idéias. Também citamos, nos itens 3.2.1 do capítulo 3, alguns sistemas de esboço digital que vêm sendo desenvolvidos tais qual o sistema *Fast Shape Designer* (FSD) (VANDIJK, 1995) que gera modelos tridimensionais a partir de esboços 2D e a ferramenta PROSUS criada por BLESSING (1994) para facilitar a captura e armazenamento dos esboços iniciais. Citamos, ainda, o Design Capture System (DCS - Sistema de Captura Projetual) de HWANG e ULLMAN (1990) através do qual se desenha diretamente no computador e o sistema Electronic Cocktail Napkin (Guardanapo de Coquetel Eletrônico) (GROSS, 1996) que adota uma interface do tipo caneta e papel. Também, no item 3.11 do capítulo 3, classificamos a utilização dos computadores na Arquitetura em projetistas (programas criados para projetar e que apresentam diversos problemas); desenhistas (o computador é um desenhista mais rápido, mais confiável, mais consistente e mais adaptável que o ser humano); modeladores; avaliadores e agentes (programas que sugerem cursos de ação prováveis que levem a remediar as deficiências de um projeto). Todos esses diferentes modos de utilização dos mesmos podem influenciar a projeção arquitetônica.

6.3.5. As Deformações Geradas Pelo Mau Uso dos Sistemas CAD

Acreditamos que o processo projetual tem muito mais a ver com reflexão, imaginação e com o estabelecimento de conexões entre idéias do que com o aperfeiçoamento de algum

processo que é o modo usado por programas de computador para lidar com a projeção. Os arquitetos tentam fazer o melhor que podem através do uso da imaginação que se baseia em idéias e imagens vistas anteriormente e em como fazer as possíveis conexões. Assim, temos que pensar muito mais em idéias do que em desenhos.

Se olharmos para o papel do esboço na projeção, veremos que ele é central. SCHÖN (1988 e 1995) tinha razão ao afirmar que temos uma conversação com o desenho, pensamos com nosso lápis, desenhamos e olhamos, mas também nos recordamos do que já vimos no mundo através do esboço. Se os arquitetos jovens não aprendem a esboçar a lápis, acreditamos que estes não serão capazes de projetar muito bem. E há esta enorme mudança que vem acontecendo em algumas universidades, principalmente no exterior, em que os arquitetos jovens estão aprendendo a projetar modelando diretamente nos computadores, sem que seja apresentado aos mesmos as possibilidades e diferenças de outras mídias. E, acreditamos que há um grande perigo nisso, com decorrências intelectuais negativas.

É comum vermos estes estudantes apresentarem esquemas que são projetados para exibir suas proezas no computador. Tais esquemas incluem exemplos fantásticos de rotações, extrusões e todos os truques manipulativos tão facilmente disponíveis em um *software*. Algumas vezes, estes fazem representações impressionantes e convincentes no computador de projetos pobres. A habilidade de um arquiteto realmente bom está em descartar tal ingenuidade. Por exemplo, recentemente, um estudante da Universidade de Sheffield, que passou com a menor nota em seu projeto final de curso, ganhou o prêmio nacional de CAD no mesmo trabalho. Renderizações de computador hiper-realistas carregam um tipo de credibilidade, em nossa sociedade televisual, ausente nas imagens desenhadas à mão. Há nisto um real perigo, pois é possível que uma Arquitetura muito pobre possa ser apresentada de modo tão bonito que iluda os olhos. Portanto, devemos ter cuidado para não formarmos gerações de jovens arquitetos altamente qualificados no uso de *software* de computador e; no entanto, apresentando pouca sensibilidade visual.

Um modelo gerado em um computador pode ser bastante convincente, pode parecer muito realista e muito propositivo. Mas, os arquitetos, que a isto se limitam, estão perdendo uma parte do processo projetual. Não queremos com isso fazer campanha contra a utilização do computador, estamos apenas tentando colocar: - este não apresenta apenas vantagens. Hoje em dia, muitos professores, em Universidades ao redor do mundo, vêm queixando-se cada vez mais de estudantes que não sabem esboçar usando o lápis e apresentando ‘coincidentemente’ um pensamento projetual muito limitado. Alguns professores atribuem esta limitação na habilidade de projetar ao fato destes estudantes terem trabalhado desde o princípio exclusivamente com o computador. Não estamos preocupados se estes estudantes são capazes

de produzir desenhos a lápis muito bonitos ou muito artísticos ou muito elaborados. Este não é o ponto, isto não nos preocupa. O ponto é que acreditamos, pelo menos por enquanto, na necessidade do esboço a lápis como ferramenta para auxiliar o pensamento projetual. E, portanto, preocupamo-nos se estes estudantes são capazes de pensar através do esboço e, se eles não são, este é um problema real.

O que vem acontecendo é que a exposição a um ambiente de mídia incompleto (o computador) levou a uma deformação em uma outra mídia (o lápis e papel) levando o estudante de Arquitetura a não saber mais conceber, por não saber e nem querer aprender a representação a lápis. Constatamos, então, que o computador com o estado de *hardware* e *software* do momento além de não se apresentar como uma ferramenta ideal para a concepção, ainda está atrapalhando um processo de concepção anterior que funcionava bem e que se baseava na mídia lápis e papel. Em um futuro próximo pode ser que o computador venha a suplantiar suas dificuldades como mídia de concepção e venha a criar um modo de interação distinto com a participação ou não da mídia lápis no processo. No entanto, embora o computador ainda tenha um longo caminho a percorrer para que possa ser visto como uma ferramenta de concepção, os estudantes e arquitetos já se apoderaram desta ferramenta com um padrão de uso pobre. E, se não houver uma conscientização por parte de professores, alunos, Universidades e arquitetos, a manutenção desta distorção pode vir a gerar arquitetos deformados, com uma incrível capacidade de gerar imagens fotos-realísticas e *walk-troughs* em um computador mas com uma pobre capacidade de pensar e conceber projetos de qualidade.

A situação das Universidades hoje é que a maioria dos estudantes que ali ingressam já possuem uma larga experiência na utilização de computadores. De fato, eles cresceram usando computadores. Assim, em seus subconscientes, eles esperam continuar a fazer coisas usando computadores. Não queremos nem sugerir e nem mesmo imaginar em manter estes arquitetos jovens longe dos computadores, porque, de fato, eles estão muito confortáveis com a utilização dos mesmos. Assim, acreditamos que o que temos de fazer é dizer-lhes que os computadores são excelentes fazendo tais e tais coisas e já tornaram alguns instrumentos obsoletos; tais como, por exemplo, o nanquim e o normógrafo. Mas, existem outras mídias que também são muito boas em outros pontos. E, os computadores ainda têm muito que evoluir a fim de poder igualar-se a elas ou até mesmo substituí-las a contento.

6.3.6. Considerações Finais

Então, como concluímos previamente, o *software* CAD convencional encontrado no mercado ainda não dá suporte suficiente à fase inicial de concepção de um projeto; mas, a

imagem mental pode funcionar como ferramenta para isto. Então, um meio projetual poderia ser definido como um ambiente onde o projetista cria um modelo virtual em sua mente e depois faz a simulação digitalmente. Como estudo futuro, a interação entre a imagem mental e o ambiente CAD tridimensional pode ser analisada, já que ambas as ferramentas objetivam trabalhar com um modelo virtual. Enquanto a imagem mental cria, o CAD tridimensional externaliza o resultado. A análise deste tipo de meio projetual poderia propor novos modos de interação entre imagem mental e simulação em mídia digital. A reinvenção da natureza dos processos cognitivos envolvidos neste meio poderia dar suporte ao desenvolvimento de pacotes de projetos arquitetônicos auxiliados pelo computador que dessem suporte à fase de concepção, como também propor uma nova metodologia para a educação projetual.

Não queremos com isso excluir a utilização da ferramenta CAD da fase de concepção de um projeto; mas, apenas constatar sua atual inadequação para a concepção tendo em vista o atual estágio de desenvolvimento de *software* e *hardware* e o modo como os arquitetos vêm interagindo com os mesmos. Uma mídia, a fim de substituir a outra, não precisa apenas igualar-se à anterior, deve superá-la. Portanto, ainda não há sentido em substituir uma mídia como o lápis e papel, que funciona tão bem na fase de esboço, pelo computador que ainda não conseguiu igualar-se e muito menos superá-la nesta fase. Portanto, no momento presente, ainda consideramos indispensável, a abordagem inicial do esboço a lápis antes de ingressarmos na representação digital; talvez, possamos vir a apresentar uma conclusão diferente em um futuro próximo.

6.3.7. Sugestões de Pesquisas Futuras

Esperamos que esta pesquisa tenha, até certo ponto, estabelecido uma base a partir da qual os problemas de se utilizar CAAD como ferramenta de projeto possam ser abordados, podendo vir a sugerir idéias a serem exploradas posteriormente. Como escolhemos uma análise qualitativa, com poucos sujeitos, a fim de nos aprofundarmos na análise dos processos de cada um deles, um trabalho complementar poderia ser feito, a fim de ampliar a validade deste experimento. Este trabalho poderia permitir a generalização, aumentando-se o número de sujeitos, trabalhando-se com uma amostra aleatória e diminuindo-se o número de instrumentos metodológicos. Com esse intuito, o número de sujeitos pesquisados deveria ser pelo menos igual a 3% do número total de arquitetos de uma determinada região na qual a generalização fosse pretendida.

Há uma necessidade de mais pesquisas aplicadas nesta área onde poderiam ser empregados métodos de pesquisa formais e técnicas usando programas CAAD distintos. O treinamento de sujeitos na utilização de *softwares* desenvolvidos especificamente para apoiar

a atividade de concepção e a análise feita com a utilização dos mesmos, ao invés do AutoCAD ou do Vectorworks, pode resultar em considerações bastante interessantes e em sugestões para a melhoria destes *softwares*. Também, fazem-se necessárias pesquisas experimentais em escritórios arquitetônicos onde o contexto é diferente, saindo de uma atividade hipotética para um cenário mais realista.

Outras pesquisas que poderiam ser desenvolvidas podem incluir o papel da Internet na concepção do projeto arquitetônico analisando desde o estado da arte atual até a visualização de perspectivas futuras. Também, o papel do computador nas fases posteriores à fase de concepção de projeto bem como a importância das imagens e do imaginário mental do arquiteto na fase de concepção de projeto.

Análises interessantes podem ser feitas sobre a influência da computação gráfica nas mudanças da oficina de trabalho do arquiteto, nas interações entre os membros de uma equipe projetual e na apresentação e representação final de um projeto, enfocando as qualidades e deficiências da representação gráfica no computador.

Finalmente, as recomendações apresentadas no item a seguir, para o desenvolvimento de uma mídia digital que venha a auxiliar a concepção do projeto arquitetônico, pode vir a sugerir diversas pesquisas futuras. Inicialmente, poderíamos reunir um grupo de usuários, professores, pesquisadores e desenvolvedores de *hardware* e *software* para analisarmos, discutirmos e testarmos a viabilidade destas recomendações poderem ser colocadas em prática através do desenvolvimento de *hardware* e *software* existentes ou do surgimento de novos componentes aplicativos.

6.3.8. Recomendações para uma Mídia Digital que venha a Auxiliar a Concepção do Projeto Arquitetônico

Em nosso presente trabalho, estudamos os processos cognitivos dos arquitetos durante a fase de concepção do objeto arquitetônico e pudemos observar a influência da mídia neste processo. Vimos os tipos de representações usados pelos arquitetos nesta fase. Também, observamos que a utilização de representações diferentes das que os arquitetos utilizam normalmente, durante esta fase, forçam os mesmos a traduzir suas representações para aquelas contidas em um *software*, ocupando recursos cognitivos com atividades outras que não a própria projeção. Portanto, a partir dos resultados deste estudo, é possível fornecer recomendações para a construção de ferramentas CAD que dêem suporte às fases iniciais de concepção de projeto no computador.

Primeiramente tais ferramentas deveriam, adotar uma interface baseada no paradigma da representação do lápis e papel, permitindo que o arquiteto pudesse desenhar diretamente o

que ele tem na cabeça, com diversos graus de precisão, ambigüidade e abstração, tornando-se assim, mais ‘intuitivas’; i.e. as exigências para o seu uso não devem exceder o nível atual de perícias de seus usuários. Um *software* não deve interromper a fluidez do processo cognitivo de seu usuário a fim de exigir informações com as quais o usuário não deveria estar preocupado naquele dado momento. Observamos que a interrupção de um processo de pensamento faz com que idéias sejam perdidas. Se um *software* de computador tem por objetivo substituir o papel e o lápis na fase de esboço, assim como papel e lápis este deve ser bastante acessível e flexível e não deve requerer conhecimento especializado de seus usuários. O que os arquitetos precisam é de ferramentas computadorizadas que os permitam esboçar idéias brutas e genéricas rapidamente. Além disso, que o sistema deveria oferecer a atividade da cópia semitransparente como o papel de desenho provê e uma ferramenta para a representação diagramática.

É claro, porém, que não é suficiente apenas recriar o ambiente do lápis e papel no computador. Além disso, tais ferramentas devem ser ‘mais úteis’ que o lápis e o papel. Não teria sentido mudar de ferramenta, se a nova ferramenta não apresentasse vantagens sobre a ferramenta anterior. As ferramentas computacionais terão que permitir que os usuários aumentem seu desempenho nos aspectos da tarefa que sejam mais difíceis de serem executados (por exemplo, na reestruturação). Os esboços a lápis são freqüentemente não especificados e vagos, permitindo que a criatividade perceptiva facilmente transforme-os em uma nova estrutura. Portanto, uma ferramenta de computador ou tem que dar suporte a formas não especificadas ou a uma troca flexível entre várias descrições estruturais da representação após a sua criação. Esta não deve limitar o projetista e nem executar ações que mudem as configurações do projetista.

Quando os arquitetos fazem esboços no papel, eles associam as representações nos esboços com significados, estruturas, operações e especificações, dinamicamente, apenas quando se faz necessário e não no exato momento em que estas são feitas. Sabemos que um projeto não aparece completo na mente de um arquiteto. Este é gradualmente desenvolvido e refinado, de um modo mais ou menos *top-down* (de cima para baixo), como pudemos confirmar em nosso trabalho empírico. Conseqüentemente, uma representação que corresponda à representação interna dos arquitetos deve ser capaz de passar por um processo similar de refinamento. O *software* deve permitir que elementos sejam adicionados, removidos, detalhados e tenham suas características modificadas ao longo do processo; oferecendo assim, ao usuário, a liberdade da associação dinâmica e fluida, com refinamentos posteriores apenas quando estes tornarem-se necessários. Este deve fornecer representações internas que possam tolerar a ambigüidade e a incompletude, ainda que estas possam tornar-se

mais formais e estruturadas à medida que o projeto evolua. Isto permitiria que o esboço computacional fosse mais natural, livre das limitações artificiais impostas pelas ferramentas computacionais tradicionais. O *software* CAD deve permitir também que as variáveis sejam investigadas em qualquer ordem desejada.

O sistema deveria ser gráfico e estar focado na forma geométrica, permitindo composições, revisões e modificações. Suas rotinas devem relacionar-se com as formas geométricas e devem mostrar de que modo seu *output* afeta as soluções físicas. O repertório de habilidades que os arquitetos desenvolvem, ao longo de anos de estudo e prática, está fortemente embasado em representações gráficas. Nós aprendemos a ‘ler’ uma planta, a desenhá-la e assim por diante. Nós desenvolvemos ‘bibliotecas’ de elementos gráficos que estão ligados às heurísticas de resolução de problemas. Ao invés de forçar um arquiteto a parar de usar suas habilidades e representações automatizadas e fazê-lo aprender outras novas ou fazer traduções entre duas linguagens, um *software* deve permitir que um arquiteto use suas habilidades conhecidas.

Um *software* dedicado poderia ir além, apresentando representações que correspondam a elementos arquitetônicos, facilitando assim as fases subsequentes à concepção. A descrição de elementos arquitetônicos em elementos geométricos também exige um processo de tradução. Ao invés disso, por questões de familiaridade e propriedade com as questões arquitetônicas, os elementos de um sistema CAD devem corresponder aos elementos arquitetônicos que fazem parte da ‘biblioteca mental’ do arquiteto. Estes elementos devem ser compostos por planos, cúpulas, paredes, colunas, portas e assim por adiante como descritos por SCHÖN (1988); bem como, por categorias mais amplas, como as descritas por ROWE (1987), tais quais: ‘preconceitos’, ‘heurísticas’, ‘tipos’ e ‘tipologias’ etc. Existem evidências que confirmam que os arquitetos recordam-se e pensam sobre projetos utilizando-se de elementos como paredes, portas, quartos etc. Estes elementos corporificam funções estruturais e significados simbólicos e, frequentemente, produtos manufaturados; conseqüentemente, nossas representações organizam-se em torno destes elementos. Portanto, as representações em um *software* CAD também deveriam organizar-se em torno destes.

O sistema deveria manter o arquiteto em constante contato com o processo de resolução do problema, apresentando constantemente subsídios que venham a ampliar a compreensão do problema por parte do arquiteto e estimular seus *insights*.

O sistema computacional deveria também:

- Fornecer a habilidade para dar entrada nas exigências do sumário de projeto, padrões, códigos e outras fontes. Permitindo, deste modo, que os projetistas organizassem

estas exigências em um formato que lhes fosse conveniente (como por exemplo, uma lista ou uma hierarquia) bem como fornecer fácil acesso a esta lista de exigências de modo que o projetista pudesse referir-se a ela ao longo do processo projetual e, também, estabelecer relações entre duas ou mais exigências;

- Permitir que o projetista rapidamente extraísse os parâmetros do terreno e isolasse as áreas mínimas disponíveis para o projeto. Para fazer isto, deveria ser possível que o projetista escaneasse o terreno ou introduzisse os limites em uma escala conveniente para a qual o sistema pudesse aplicar informações automaticamente;

- Aplicar checagens ou monitoramento de partes das exigências do projeto tais quais custo, materiais, área total e espaço de circulação. As exigências que mudam como adições ou subtrações posteriores de espaços do projeto, deveriam ser dinamicamente informadas e atualizadas no banco de dados de exigências e vice-versa;

- Fornecer a habilidade de apresentar visões de projeto de níveis diferentes de abstração; por exemplo, paredes poderem ser representadas com linhas únicas embora o sistema entenda que esta é uma parede. Bem como, manter um rastro dos problemas pendentes e encorajar mudanças freqüentes de foco de atenção, assegurando assim, uma consideração balanceada de todos os aspectos relevantes do problema projetual;

- Oferecer a geração ativa de propostas de solução permitindo que o arquiteto contemplasse mais tipos de soluções do que seriam possíveis de outro modo;

- Salvar cada passo importante (ou versão) da evolução do projeto; como também, qualquer ramificação que tenha acontecido, a fim de facilitar uma posterior referência, comparação ou retrocesso;

- Permitir que o arquiteto selecionasse a escala que gostaria de trabalhar; considerando a parte, o todo ou um contexto mais amplo do projeto e pudesse proceder com operações do modo que julgasse melhor. Durante a criação de partes do projeto, o projetista pode não estar seguro das dimensões, escala ou localização. O sistema deveria prover meios visuais através dos quais o projetista pudesse tomar uma decisão razoável sobre estes parâmetros. Um relatório sobre o tamanho e a localização de itens do projeto deveria estar constantemente disponível ou acessível ao projetista;

- Fornecer um modo rápido e intuitivo de ajuda para o projetista não só converter desenhos bidimensionais em tridimensionais; como também, criar rápidas representações tridimensionais desde o começo. Tal implementação deveria apoiar itens de projeto que não possuíssem limites fechados (o que é necessário no *software* atual para processar uma subtração, por exemplo);

- Fornecer uma interface para a execução do cenário ‘e se...’ e integrar os resultados de volta ao projeto ou armazenar os resultados para posterior referência;
- Fornecer meios pelos quais as conseqüências de decisões de projeto são mostradas, tais quais, a quantidade de luz solar dado um tamanho de janela ou o caminho de uma sombra ao longo do tempo;
- Fornecer ao projetista um retorno não intrusivo quando são descobertos erros ou ações ou manipulações aparentemente impossíveis;
- Proporcionar ao projetista a visão aérea do projeto. A tela de computador possui um tamanho limitado, mas uma visão geral poderia permitir ao projetista navegar por partes escondidas da tela, sem ficar desorientado ou perdido. A visão geral deveria ser independente das outras vistas usadas no projeto;
- Não deveria projetar para o projetista. Qualquer mudança ou idéia introduzida automaticamente pelo sistema deve ser examinada e reconhecida pelo projetista antes de sua inclusão no projeto;
- Permitir a customização para que o projetista possa especificar como certas ações ou detalhes deveriam ser apresentados ou vir agregados. Deste modo, o estilo pessoal e as preferências do projetista podem ser preservados;
- Fornecer meios para que o projetista possa compilar uma lista de itens ‘a - realizar’ com notas;
- Ter um processo de anotação automático que mantivesse um rastro da identidade do projetista para qualquer trabalho ou mudanças realizadas. O acesso a estas anotações deveria ser protegido e esta atividade deveria ser cumulativa;

Enfim, permitir que o usuário desenvolvesse o projeto todo no computador, desde os primeiros rabiscos iniciais da fase de concepção até o detalhamento do projeto final.

Como expressei acima, há muito a ser estudado e desenvolvido no campo da utilização do computador como ferramenta útil a fase de concepção de um projeto arquitetônico. Com este nosso trabalho pretendemos apenas dar uma contribuição interdisciplinar, inicial. Esperamos que tenhamos conseguido, até certo ponto, estabelecer uma base a partir da qual os problemas de se utilizar CAAD como ferramenta de concepção projetual possam ser abordados, podendo vir a sugerir idéias a serem exploradas posteriormente que possam ser úteis aos profissionais da Arquitetura.

Referências Bibliográficas

- ABERCOMBRIE, M. L. J. Percepción y construcción. In: BROADBENT, G. et al.. (Ed.) **Metodología del diseño arquitectónico**. Colección Arquitectura Y Critica, Barcelona: Gustavo Gilli, 1971, p. 257-278.
- ACKERMANN, D.; TAUBER, M.J. Mental Models and Human-Computer Interaction, **Human Factors in Information Technology**. n. 3. Amsterdam: Elsevier, 1990.
- AKIN, Ö. **Variants in Design Cognition**. Pittsburgh, PA, 1999. Disponível em: <<http://www.andrew.cmu.edu/user/oa04/Papers/Variants.pdf>> Acesso em: 12 jul. 2002.
- AKIN, Ö. **What's wrong with CAAD?** Pittsburgh: PA, 1993. Disponível em: <<http://www.andrew.cmu.edu/user/oa04/Papers/BadWrong.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2002.
- AKIN, Ö. **Psychology of Architectural Design**. London: Pion Limited, 1986.
- AKIN, Ö. An exploration of the design process. In: CROSS, N. (Ed.) **Developments in Design Methodology**. New York: John Wiley, 1984, p. 189-208.
- AKIN, Ö. Architects' reasoning with structures and functions. **Environment and Planning B: Planning and Design**, England, v. 20, p. 273-294, 1993.
- AKIN, Ö.; LIN, C. Design protocol data and novel design decisions. **Design Studies**, v. 16, n. 2, p. 211-236, April 1995.
- ALEXANDER, C. The State of the Art in Design Methods. **DMG Newsletter**, v. 5, n. 3, p. 3-7, 1971.
- ALEXANDER, C. **Notes on the Synthesis of Form**. Cambridge, Massachussets: Harvard: University Press, 1967.
- ANDERSON, J.R. **Cognitive Psychology and its Implications**. 3 Ed. New York: W.H.Freeman & Co., 1990.
- ANDERSON, J. R. Acquisition of Cognitive Skill. **Psychological Review**, v. 89, n. 4, p. 369-406, 1982.
- ARANHA, M. L. A; MARTINS, M. H. P. **Filosofando: Introdução à Filosofia**. São Paulo: Moderna, 1986.
- ARCHER, L. B. **Systematic Methods for Designers**. London: The Design Council, 1965.
- ARCHER, L. B. Whatever Became of Design Methodology? **Design Studies**, v.1, n.1, p. 17-18, 1979.
- ARNHEIM, R. **Visual Thinking**. London: Faber and Faber Ltda., 1970.
- ARNHEIM, R. **New Essays on the Psychology of Art**. USA: University of California, 1986.
- ASIMOW, M. **Introduction to Design**. New York: Prentice-Hall, 1962.

AUGER, B. **The Architect and the Computer**, London, Pall Mall, 1972.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H., **Psicologia Educacional**. 1ª ed. Nick, E. et al.. (Trad.), Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BAKHTIN, M. **The Dialogic Imagination: Four Essays**. Austin, Texas: Michael Holquist, 1975.

BEAKLEY, G.C.; AUTORE, D.D.; PATTERSON, T.L. **Architectural Drawing and Design**. New York: Macmillan Publishing, 1984.

BERTOL, D. **Visualizing with CAD: An AutoCAD Exploration of Geometric and Architectural Forms**. New York: Telos, 1994.

BHAVNANI, S. K. et al.. Towards Active Assistance: Bridging the Generations. In: International Workshop on the Future Directions of Computer-Aided Engineering, 1994, Pittsburgh. **Proceedings of the International Workshop on the Future Directions of Computer-Aided Engineering**, Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University, 1994, p. 1183-1188.

BIJL, A. **Computer Discipline and Design Practice – Shaping our Future**. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1989.

BISSERET, A.; FIGÉAC-LETANG, C.; FALZON, P. Modelling opportunistic reasonings: the cognitive activity of traffic signal technicians. **INRIA Research Report**. n. 893, Rocquencourt: INRIA, 1988.

BLESSING, L. **A Process-Based Approach to Computer-Supported Engineering Design**. Cambridge: Black Bear Press, 1994.

BONNARDEL, N. Criteria used for the evaluation of design solution. In: QUEINNEC, Y.; DANIELLOU, F. (Ed.), **Designing for Everyone and Everybody**. London: Taylor & Francis, 1991.

BONNARDEL, N. Comparison of evaluation processes in design activities and critiquing systems: a way to improve design support systems. **Technical Report CU-CS-681-93**, University of Colorado: Boulder, 1993.

BOUTINET, J-P. **Antropologie du Projet**. Paris: Presses Universitaires de France, 1990.

BRAVO, J. C. Poesía Y Ordem. In: SAINZ & VALDERRAMA. **Infografia e Arquitetura**. Madrid: NEREA, 1992.

BROADBENT, G. **Design in Architecture: Architecture and Human Sciences**. London: David Fulton, 1988.

BROADBENT, G. The Development of Design Methods. **Design Methods and Theories**, v. 13, n. 1, p. 41-45, 1979.

BRUNER, J. **Atos de Significação**. COSTA, S. (Trad.). Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

BRUNER, J. **The Culture of Education**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1996.

- BRYMAN, A.; CRAMER, D. **Quantitative Data Analysis for Social Scientist**. London: Routledge, 1990.
- CABRAL FILHO, J. S. (a) **Computer Graphics Representation of Architectural Subjective Knowledge**. 1993. 73 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – School of Architectural Studies, Sheffield University, Sheffield, UK, 1993.
- CABRAL FILHO, J. S. (b) **Computer graphics representation of architectural subjective knowledge**. Brasil: UFMG, 1993. Disponível em: <<http://www.Arquitetura.ufmg.br/lagear/cabral/master.html>>. Acesso em: 20 mar. 2001.
- CAMARGO, A. R. A Produção e Metodologia do Conhecimento Científico na Arquitetura. In: Iº Seminário sobre pesquisa em Arquitetura e Urbanismo no Brasil, 1995, **Anais do Iº Seminário sobre pesquisa em Arquitetura e Urbanismo no Brasil**, Porto Alegre, 1995, p. 1-10.
- CARROL, J. M.; MACK, R. L. Learning to Use a Word Processor: by Doing, by Thinking, and by Knowing. In: THOMAS, J. C.; SCHNEIDER, M. (Ed.): **Human Factors in Computing Systems**. Norwood, NJ: Ablex, 1984.
- CHAN, C. S. Cognitive Processes in Architectural Design Problem Solving. **Design Studies**, v. 11, n. 2, p. 66-80, April 1990.
- CHASE, W. G.; SIMON, H. A. Perceptions in Chess. **Cognitive Psychology**, v. 4, n. 1, p. 55-81, 1973.
- COLLINS, A.; GENTNER, D. How people construct mental models. In: HOLLAND, D.; QUINN, N. (Ed.). **Cultural Models in Thought and Language**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- CONDOOR, S. S. et al.. A cognitive framework for the design process. **Design Theory and Methodology**, American Society of Mechanical Engineers, v. 42, p. 277-281, 1992.
- CRAIK, K., **The Nature of Explanation**. Cambridge: University Press, 1943.
- CROSLEY, L.M. **The Architect's Guide to Computer-Aided Design**. New York: John Wiley and Sons, 1988.
- CROSS, N. (ed.) **Developments in Design Methodology**. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons, 1989.
- CROSS, N.; CHRISTIAANS, H.; DORST, K. **Analysing design activity**. Chichester, UK: John Wiley, 1996.
- CROWE, N. A.; LASEAU, P. **Visual Notes for Architects and Designers**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1984.
- COUTINHO, E. **O Espaço da Arquitetura**. São Paulo: Perspectiva, 1977.
- DAMISH, H. **The Origin of Perspective**. Tradução de John Goodman, Cambridge, MA: MIT Press, 1994.

- DAMÁSIO, A. **Ao Encontro de Espinosa – As Emoções Sociais e a Neurologia do Sentir**. Portugal: Publicações Europa-América, 2003.
- DARKE, J. The primary generator and the design process. **Design Studies**, v. 1, p.36-44, 1979.
- DE KLEER, J.; BROWN, J.S. A qualitative physics based on confluences. In: BOBROW, D.G. (Ed.). **Qualitative Reasoning About Physical Systems**, Cambridge, MA: MIT Press, 1985, p. 7-83.
- DE KLEER, J.; BROWN, J.S. Mental Models of Physical Mechanisms and their Acquisition, In: ANDERSON, J.R. (Ed.). **Cognitive Skills and their Acquisition**. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1981.
- DO, E. Y-L. et al... Intentions in and relations among design drawings. **Design Studies**, v. 21, p. 483- 503, 2000.
- DOMESHEK, E.; KOLODNER, J. A case-based design aid for architecture. In: GERO, J. S. (Ed.). **Artificial Intelligence in Design**. Netherlands: Kluwer, 1992.
- DORST, K.; DIJKHUIS, J. Comparing paradigms for describing design activity. **Design Studies**. v. 16, n. 2, p. 261-274, April 1995.
- DOWNING, F. Conversations in imagery. **Design Studies**, v. 13, n. 3, p. 291-319, 1992.
- EASTMAN, C. M. Cognitive processes and ill-defined problems: a case study from design. In: First Joint International Conference on I. A., Washington, DC, 1969, **Proceedings of the First Joint International Conference on I. A.** Washington, DC, 1969, p. 669-690.
- EASTMAN, C. M. On the analysis of intuitive design processes. In.: MOORE, G. T. (Ed.) **Emerging Methods in Environmental Design and Planning**. Cambridge, MA: MIT Press, 1970, p. 21-37.
- EASTMAN, C. **Explorations in the cognitive processes of design**. Pittsburgh, PA: Department of Computer Science, Carnegie Mellon University, 1968.
- ECKERSLEY, M. The form of design processes: a protocol analysis study. **Design Studies**, v. 9, n. 2, p. 86-94, April 1988.
- ELSAS VAN, P. A.; VERGEEST, J. S. M. New functionality for computer-aided conceptual design: the displacement feature. **Design Studies**, v. 19, n. 1, p. 81-102, January 1998.
- ERICSSON, K. A.; SIMON, H. A. **Protocol Analysis: Verbal Report as Data**. Cambridge, MA: MIT Press, 1993.
- FALCÃO, J. **Processos Cognitivos**. Disciplina da Pós-graduação em Psicologia Cognitiva, UFPE, Pernambuco, Brasil, maio – agosto de 2002. Notas de Aula.
- FERGUSON, E. S. **Engineering and the mind's eye**. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
- FINKE, R. A.; WARD, T. B.; SMITH, S. M. **Creative Cognition, Theory, Research and Applications**. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.

FLEMMING, U.; WOODBURY, R. A Software Environment to Support the Early Phases in Building Design (SEED): an Overview. **Journal of Architectural Engineering**, v. 1, n. 4, p. 147-152, 1995.

FRAZER, J. **An Evolutionary Architecture**. London: The Architectural Association, 1995.

FRICKE, G. Successful individual approaches in engineering design. **Research in Engineering Design**, v. 8, n. 3, p. 151-165, 1996.

FUSTIER, M. **La Résolution de Problèmes: Méthodologie de L'action**. Paris: Editions ESF & Libraries Techniques, 1989.

GALLE, P.; KOVÁCS, L. B. Introspective observations of sketch design. **Design Studies**, v. 13, n. 2, p. 229-272, 1992.

GENTNER, D.; STEVENS, A. **Mental Models**. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1983.

GERO, J. S.; MCNEILL, T. An approach to the analysis of design protocols. **Design Studies**, v. 19, n. 1, p. 21-61, 1998.

GERO, J. S.; TANG, H-H. The differences between retrospective and concurrent protocols in revealing the processes-oriented aspects of the design process. **Design Studies**, v. 22, n. 3, p. 283-295, may 2001.

GILBERT, J.; BOULTER, C. Aprendendo Ciências Através de Modelos e Modelagem, In: COLINVAUX, D. (Org.). **Modelos e Educação em Ciências**. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

GOEL, V. **Sketches of Thought**. Cambridge, MA: Bradford - MIT Press, 1995.

GOLDSCHMIDT, G. On visual thinking: the vis kids of architecture. **Design Studies**, v. 15, n. 2, p. 158-174, April 1994.

GOLDSCHMIDT, G. Serial sketching: Visual problem solving in designing. **Cybernetics and Systems**, v. 23, p. 191-219, 1992.

GOLDSCHMIDT, G. The dialectics of sketching. **Creativity Research Journal**, v. 4, n. 2, p. 123-143, 1991.

GOLDSCHMIDT, G. On figural conceptualisation in architectural design, In: TRAPPL, R. **Cybernetics and systems research**. Singapore: World Scientific, 1992.

GOLDSCHMIDT, G. Problem representation versus domain of solution in architectural design teaching. **Journal of Architectural and Planning Research**, v. 6, n. 3, p. 204- 215, 1989.

GOULETTE, J-P. **Représentations des Connaissances Spatiales pour la Conception Architecturale. Contribution au Raisonement Spatiales pour la Conception Architecturale. Contribution au Raisonnement Spatial Qualitative**. 1997. 254 f. Thèse (Doctorat au Architectura), Université Paul Sabatier, Toulouse, France, 1997.

GROSS, M. D. The Electronic Cocktail Napkin – a computational environment for working with design diagrams. **Design Studies**, v. 17, n. 1, p. 53-69, January 1996.

- GUILFORD, J. P. The structure of intellect. **Psychological Bulletin**, v. 53, p. 267 – 293, 1956.
- GUINDON, R. Designing the design process: exploiting opportunistic thoughts. **Human-Computer Interaction**, v. 5, p. 305-344, 1990.
- HARDENNE, J-P. Architecture Virtuelle et Infographique – Quelques Questions Posées à l'Architecture. In: PÉREZ-GOMEZ, A.; PELLETIER, L. (Org.). **Architecture, Ethics and Technology**. London: McGill Queen's University Press, 1994. p. 110 – 122.
- HAYES, J. R. **The Complete Problem Solver**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1989.
- HEDGE, A.; LAWSON, B. Creative thinking, In: SINGLETON, W. T. (Ed.). **The Study of Real Skills**. Lancaster: MIT Press, 1980.
- HENNESSEY, J. M. The IDEATE project: Exploring computer enhancements for conceptualising. In: WHITE, T.; TZONIS, A (Ed.). **Automation based creative design: Current issues in computers and architecture**. Amsterdam: Elsevier Science, 1994. p. 349-362.
- HWANG, T. S.; ULLMAN, D. G., The design capture system: capturing back of the envelope sketches. **Journal of Engineering Design**, v.14, p. 339-353, 1990.
- JIH, H.J.; REEVES, T.C. Mental Models: a Research Focus on Interactive Learning Systems. **Educational Technology Research and Development**, v. 40, n. 3, p. 39-53, 1992.
- JOHNSON, S. Representation and Design. In: ACADIA' 97, **Proceedings do ACADIA' 97**. JORDAN, J. P.; MEHNERT, B.; HARFMANN, A. (Ed.), 1997.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental Models**. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1983.
- JONES, J. C. **Design Methods, Seed of Human Futures**. New York: John Wiley & Sons, 1980.
- JONES, J. C. **Design Methods**. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
- JONES, J. C. How My Thoughts about Design Methods have Changed During the Years. **Design Methods and Theories**, v. 11, n. 1, p. 50-62, 1977.
- JONES, J. C. Design Methods Reviewed. In.: GREGORY, S. (Ed.) **The Design Method**. London: Butterworth, 1966.
- JONES, J. C. A Method of Systematic Design. In.: JONES, J. C.; THORNLEY, D. G. (Ed.) **Conference on Design Methods**, Oxford: Pergamon, 1963.
- KALAY, Y. E. Redefining the role of computers in architecture: from drafting, modelling tools to knowledge based design assistant. **Computer Aided Design**, v. 17, n. 7, p. 319- 328, 1985.

KAVAKLI, M.; GERO, J. S. **Sketching as mental imagery processing**. 2000. Disponível em: <http://www.arch.su.edu.au/%7Ejohn/publications/2001/01Kavakli_GeroDesStudie.pdf>. Acesso em: 23 maio 2003.

KAVAKLI, M; et al.. Sketching interpretation in novice and expert designers. In: GERO, J. S.; TVERSKY, B. (Ed.) **Visual and Spatial Reasoning in Design Computing and Cognition**. Sydney: University of Sydney, 1999, p. 209-219.

KINNEAR, P. R.; GRAY, C. D. **SPSS/PC+ Made Simple**. Hove, UK, Hillsdale, USA: Larence Erlbaum Associates Publishers, 1993.

KNELLER, G. F. **The Art and Science of Creativity**. New York: Holt Rinehart and Winston, 1965.

KOEDINGER, K. R.; ANDERSON, J. R. Abstract planning and perceptual chunks: elements of expertise in geometry. **Cognitive Science**, v. 14, p. 511-550, 1990.

KOSSLYN, S. M. **Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1994.

KRAPAS, S; et al.. Modelos: Uma Análise de Sentidos na Literatura de Pesquisa em Ensino de Ciências. In: COLINVAUX, D. (Org.), **Modelos e Educação em Ciências**. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

KRAUSS, R. I.; MYER, R. M. Design: a case history. In: MOORE, G. T. (Ed.). **Emerging methods in environmental design and planning**. Cambridge: MIT Press, 1970, p. 11-20.

LAKIN, F. The electronic design notebook: performing medium and processing medium. **Visual Computer**, v. 5, p. 214-226, 1989.

LAKOFF, G.; JOHNSON, M. **Metaphors We Live By**. Chicago: University of Chicago Press, 1980.

LANDAUER, T. K. **The Trouble with Computers: Usefulness, Usability, and Productivity**. Cambridge: MIT Press, 1995.

LANG, G.T. et al.. Extracting and Using Procedural Knowledge in a CAD Task. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 38, p. 257- 268, 1991.

LANGLEY, P.; JONES, R. Computational model of scientific insight. **The nature of creativity**. STERNBERG, R. J. (Ed.) Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

LARKIN, J. L.; SIMON, H. A. Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words? **Cognitive Science**, v. 11, p. 65- 99, 1987.

LASEAU, P. **Architectural representation handbook - traditional and digital techniques for graphic communication**. New York: McGraw-Hill, 2000. 294p.

LASEAU, P. **Graphic Thinking for Architects and Designers**. 2nd ed. New Yor: Van Nostrand Reinhold, 1989, 243p.

- LAWSON, B. **Oracles, draughtsmen, and agents: the nature of knowledge and creativity in design and the role of it.** Sheffield, UK, 30 p. Trabalho não publicado, 2004.
- LAWSON, B. CAD and Creativity: Does the Computer Really Help? **Leonardo**, v. 35, n. 3, p. 327-331, 2002.
- LAWSON, B. Towards a computer-aided architectural design process: a journey of several mirages. **Computers in Industry**, v. 35, n. 1, p. 45-57, February 1998.
- LAWSON, B. **How Designers Think - the Design Process Demystified.** 3rd ed. London, Butterworth Architecture, 1997a.
- LAWSON, B. **Design in Mind.** Oxford: Architectural Press/Butterworth- Heinemann, 1997b.
- LAWSON, B. Parallel lines of thought. **Languages of Design**, v.1, n. 4, p. 357 – 366, 1993.
- LAWSON, B. Cognitive strategies in architectural design. In: CROSS, N. (Ed.), **Developments in Design Methodology.** Chichester: John Wiley, 1984, p. 209 – 220.
- LAWSON, B. Cognitive strategies in architectural design. **Ergonomics**, v. 22, n. 1, p. 59 – 68, 1979.
- LAWSON, B. **Problem- Solving in Architectural Design.** 1972. Thesis (PhD in Architecture), University of Aston, Birmingham, 1972.
- LEVIN, J. **Estatística Aplicada a Ciências Humanas.** 2nd ed. São Paulo: HARBRA, 1987.
- LÉVY, P. **As Tecnologias da Inteligência: o Futuro do Pensamento na Era da Informática.** Rio de Janeiro: Ed. 34, 1993.
- LIU, Y-T. Is design one search or two searches? A model of design thinking involving symbolism and connectionism. **Design Studies**, v. 17, n. 3, p. 435-449, 1996.
- LLOYD, P.; LAWSON, B.; SCOTT, P. Can concurrent verbalization reveal design cognition? **Design Studies**, v. 16, n. 2, p. 237-259, April 1995.
- LLOYD, P.; SCOTT, P. Discovering the design problem. **Design Studies**, v. 15, n. 2, p. 125-140, April 1994.
- LUFT, L. **Perdas e Ganhos.** Rio de Janeiro: Record, 2003.
- MANDRAZO, L. Types and Instances: a paradigm for teaching design with computers. **Design Studies**, v. 20, n. 2, p. 177-193, March 1999.
- MARCHIONINI, G. Psychological Dimensions of User-Computer Interfaces. **ERIC Digest**, Syracuse, N.Y.: ERIC Clearinghouse on Information Resources, 1991.
- MARSH, C. **The Survey Method.** London: George Allen & Unwin, 1982.
- MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. **Cadernos Catarinenses de Ensino**, v. 17, n. 2, p. 115-121, 2000.

- MARX, J. A proposal for alternative methods for teaching digital design. **Automation in Construction**, v. 9, n. 1, p. 19-35, January 2000.
- MCGINNIS, B. D.; ULLMAN, D. G. The evolution of commitments in the design of a component. **Journal of Mechanical Design**. v. 114, n. 1, p. 1-7, 1992.
- MCGOWN, A.; GREEN, G.; RODGERS, P. A. Visible ideas: information patterns of conceptual sketch activity. **Design Studies**, v. 19, n. 4, p. 431-453, October 1998.
- MCKIM, R. H. **Thinking Visually: a strategy manual for problem solving**. Belmont, CA: Wadsworth, 1980.
- MCNEILL, T.; GERO, J. S.; WARREN, J. Understanding conceptual electronic design using protocol analysis. **Research in Engineering Design**. v. 10, p. 129-140, 1998.
- MEDEIROS, C. F. Modelos Mentais e Metáforas na Resolução de Problemas Matemáticos Verbais. **Ciência e Educação**, v. 7, n. 2, p. 209-234, 2001.
- MEDEIROS, C. F. **An Investigation into Errors Made in Attempts to Solve Mathematical Problems**. 1992. Thesis (PhD in Mathematics Education) - Center for Studies in Science and Mathematics Education, Leeds, England, 1992.
- MENEZES, M. S. **Novas Tecnologias da Informática e o Processo Projetual: Um Exemplo no Design de Calçados**. 1997. 180 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo 1997.
- MERRILL, M. D. Constructivism and Instructional Design. **Educational Technology**, v.30, n. 5, p.45-52, 1991.
- MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on your capacity for processing information. **Psychological Review**, v. 63, p. 81-97, 1956.
- MIRADOR INTERNACIONAL, **Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa**. 2nd ed. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1977.
- MITCHELL, W. J.; MCCULLOUGH, M. **Digital Design Media**. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1995.
- MITCHELL, W.J.; LIGGETT, R.S.; KEVAN, T. **The Art of Computer Graphics Programming**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1987.
- MITCHELL, W. J. **Computer Aided Architectural Design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1977.
- MITCHELL, W. J. The Design Studio of the Future. In: **The Electronic Design Studio**. Cambridge, London: The MIT Press, 1990.
- MOLLER, C. **Virtual Elevator: Design for the Lift in the Computer Museum in Paderborn**. Berlin, 1994. Disponível em: <<http://www.canon.co.jp/cast/artlab/pros2/pers-02b.html>>, Acesso em 10 julho 2002.

NAVEIRO, R.; BORGES, M. **Projeção e Formas de Representação do Projeto**. In: GRAPHICA' 98 - II Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho e 13º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, 1998, Bahia. **Anais do GRAPHICA' 98**, Bahia, 1998. p. 51-62.

NEWELL, A. On the analysis of human problem solving processes, **ARPA Report**, Pittsburgh, PA: Carnegie Institute of Technology, 1966.

NEWELL, A.; SIMON, H. A. **Human Problem Solving**. New Jersey: Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1972.

NORMAN, D. A. Cognitive Artifacts. In: CARROLL, J. M. (Ed.) **Designing Interaction: Psychology at the Human-Computer Interface**. New York: Cambridge University Press, 1991.

NORMAN, D.A. Some Observations on Mental Models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A.L. (Ed.). **Mental Models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1983.

NOVAK, J. D. **A Theory of Education**. New York: Cornell University Press, 1977.

NEVES, D. M.; ANDERSON, J. R. Skill in Algebra. In: **Cognitive Skills and Their Acquisition**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1981.

OBERMEYER, T. L. **AutoCAD Architectural Lab Manual**. McGraw-Hill, 1987.

OLIVEIRA, E. G. **Uma Metodologia para o Projeto Arquitetônico**. 1979 São Carlos, SP, Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

OSTROWER, F. **Criatividade e Processo de Criação**. 6ª ed., Petrópolis: Vozes, 1987.

PANOFSKY, E. **Perspective of Symbolic Form**. New York: Zone Books, 1991.

PAPANECK, V. **Design for the Real World**. London: Thomas and Hudson, 1972.

PAYNE, S. J. On Mental Models and Cognitive Artifacts. In: ROGERS, Y.; RUTHERFORD, A.; BIBBY, P (Ed.). **Models in the Mind: Theory, Perspective & Application**. London: Academic Press, 1992.

PAYNE, S. J. Using Models of Users' Knowledge to Analyze Learnability. In: LONG, J.; WHITEFIELD, A. (Ed.). **Cognitive Ergonomics and Human-Computer Interaction**. Cambridge, England: Cambridge University Press. 1987.

PEREIRA, A. **Guia Prático de Utilização do SPSS – Análise de Dados para Ciências Sociais e Psicologia**. Lisboa: Edições Silabo, 1999.

PEREIRA, J. C. R. **Análise de Dados Qualitativos: Estratégias Metodológicas para as Ciências da Saúde, Humanas e Sociais**. 3ª ed., São Paulo: Edusp, 2001.

PÉREZ-GOMEZ, A.; PELLETIER, L. Architectural Representation beyond Perspectivism. **Perspecta 27**, New York: The Yale Architectural Journal Inc and Rizzoli International, 1992.

- PÉREZ-GOMEZ, A.; PELLETIER, L. **Architectural Representation and the Perspective Hinge**. Massachusetts: MIT Press, 1997.
- PERKINS, D. **The mind's best work**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1981.
- PINTO, G. A. **O Impacto dos Processos Infográficos na Produção da Arquitetura**. 1999. 236 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- PIPES, A. **Drawing for 3-Dimensional Design: concepts, illustration, presentation**. London: Thames and Hudson, 1990.
- POLYA, G. **How to solve it**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1945.
- PURCELL, A. T.; et al.. The data in design protocols: the issue of data coding, data analysis in the development of models of the design process. In: GERO, J. S.; SUDWEEKS, F. (Ed.) **Artificial Intelligence in Design**. Dordrecht: Kluwer, 1994. p. 225-252.
- PURCELL, A. T.; GERO, J. S.; Drawings and the design process. **Design Studies**, v. 19, n. 4, p. 389-430, 1998.
- RAY-JONES, A. Computer Development in West Sussex. **Architect's Journal**, v. 12, n. 42, fevereiro 1968.
- REGO, R. M. **Arquitetura e Tecnologias Computacionais: Novos Instrumentos Mediadores e as Possibilidades de Mudança no Processo Projetual**. 2000. 173 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2000.
- RITTEL, H. W. J.; WEBBER, M. M. Planning problems are wicked problems. **Developments in Design Methodology**. CROSS, N. (Ed.), 1984, p. 135-144.
- RITTEL, H. W. J.; WEBBER, M. M. Planning problems are wicked problems. **Policy Science**, v. 4, p. 155-169, 1973 a.
- RITTEL, H. W. J.; WEBBER, M. M. Dilemmas in a general theory of planning. **Policy Sciences**, v. 4, 1973 b.
- RITTEL, H. W. J., Second-generation Design Methods. **DMG 5th Anniversary Report: DMG Occasional Paper**, n. 1, p. 5-10, 1972.
- ROBBINS, E. **Why Architects Draw**. Cambridge: MIT Press, 1994.
- ROCHA, P. M. Da uma Testimonianza di Paulo Mendes da Rocha. **Abitare**, Milão, n. 374, p.155, Giugno 1988.
- ROWE, P. G. **Design Thinking**, Cambridge, Massachusetts: The M.I.T Press, 1987.
- SCHEERER, M., Problem Solving. **Scientific American**, v. 208, p. 118-128, 1987.
- SCHOENFELD, A.H. **Mathematical Problem Solving**, Orlando, FL: Academic Press, 1985.

SCHÖN, D. A. Designing rules, types and worlds. **Design Studies**, Butterworth & Co v. 9, n. 3, p. 181-219, July 1988.

SCHÖN, D. A. **The reflective practitioner: how professionals think in action**, Aldershot, Burlington, Singapore, Sydney: Ashgate/Arena, 1995.

SCHÖN, D. A. **The Design Studio**. London: RIBA Publications, 1985.

SCHÖN, D. A.; WIGGINS, G. Kinds of seeing and their functions in designing. **Design Studies**, v. 13, n. 2, p. 135-156, April 1992.

SCHOOLER, J. W.; ENGSTLER-SCHOOLER, T. Y. Verbal overshadowing of visual memories: some things are better left unsaid. **Cognitive Psychology**, v. 22, p. 36-71, 1990.

SHAW, J. **@ Home with Jeffrey Shaw**, Amsterdam, 1994. Disponível em: <<http://mmwww.xs4all.nl/doors/doors2/doors2-speakers.html>> Acesso em: 20 março 2001.

SIEGEL, S. **Estatística Não-Paramétrica Para as Ciências do Comportamento**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

SIEGLER, R. S. **Children's Thinking**. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1991.

SIMON, H. A. The structure of ill-structured problems. **Artificial Intelligence**, v. 4, p. 181-201, 1973.

SIMON, H. A. Problem forming, problem finding and problem solving in design. In: COLLEN, A.; GASPARSKI, W. (Ed.). **Design & Systems**. New Brunswick: Transaction Publishers, 1995. p. 245-257.

SIMON, H. A. **Sciences of the Artificial**. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.

SNOW, C. P. **The Two Cultures**. Cambridge: Cambridge University Press, 1964.

SPIRO, R.; JENG, H.C. Cognitive Flexibility and Hypertext: Theory and Technology for the Non-Linear and Multidimensional Traversal of Complex Subject Matter. In: NIX, D.; SPIRO R. (Ed.). **Cognition, Education, Multimedia**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Ass., 1990. p. 163 - 205.

STEELE, J. **Architecture and Computers: action and reaction in the digital design revolution**. London: Laurence King, 2001.

STENNING, K.; OBERLANDER, J. A cognitive theory of graphical and linguistic reasoning: logic and implementation. **Cognitive Science**. v. 19, n. 1, p. 97-140, 1995.

STERNBERG, J. R. **Intelligence, information processing and analogical reasoning: The componential analysis of human abilities**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1977.

STINY, G. Introduction to shape grammars. **Environment and Planning B**, v. 8, p. 343-351, 1980.

SUTCLIFFE, A. G.; MAIDEN, N. A. M. Analyzing the novice analyst: cognitive models in *software engineering*. **International Journal of Man-Machine Studies**, v. 36, p.719-740, 1992.

SUTHERLAND, I. E. **Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System**. 1963. PhD Thesis, MIT, Cambridge, MA, 1963. reprinted in New York: Garland Publishing, 1980.

SUWA, M.; GERO, J. S.; PURCELL, T. Unexpected Discoveries: How Designers Discover Hidden Features in Sketches. In: GERO, J. S.; TVERSKY, B. (Ed.). **Visual and Spatial Reasoning in Design**. University of Sidney, Sydney: Key Centre of Design Computing and Cognition, 1999. p. 145-162.

SUWA, M.; GERO, J.; PURCELL, T. Unexpected discoveries and S-invention of design requirements: important vehicles for a design process. **Design Studies**, v. 21, n. 6, p. 539-567, Nov. 2000.

SUWA, M.; GERO, J.; PURCELL, T. Analysis of cognitive processes of a designer as the foundation for support tools. In: GERO, J. S.; SUDWEEKS, F. (Ed.) **Artificial intelligence in design**. Dordrecht: Kluwer, 1998(b).

SUWA, M.; MOTODA, H. PCLEARN: a model for learning perceptual-chunks. In: 16th annual conference of the cognitive science society LEA. N. J. **Proceedings of the 16th annual conference of the cognitive science society LEA**, N.J., 1994. p. 830-835.

SUWA, M.; PURCELL, T.; GERO, J. Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions. **Design Studies**, v. 19, n. 4, p. 455-483, Oct. 1998(a).

SUWA, M.; TVERSKY, B. What do architects and students perceive in their design sketches? A protocol analysis. **Design Studies**, v. 18, n. 4, p. 385-403, Oct. 1997.

SUWA, M.; TVERSKY, B. What architects see in their design sketches: implications for design tools. In: CHI' 96, New York, **Proceedings of Human factors in computing systems: CHI' 96 conference companion ACM**, New York, 1996. p. 191-192.

TANG, H-H.; GERO, J. S. **Content-oriented scheme for protocol analysis and computer-aided architectural design**. 2000. Disponível em: <<http://www.arch.usyd.edu.au/~john/publications>>. Acesso em: 13 maio 2001.

TEMPLE, S. Thought made visible: the value of sketching. **Co-Design**, n. 1, p. 16-25, 1994.

TOVEY, M. J. Styling and design: intuition and analysis in industrial design. **Design Studies**, v. 18, n. 1, p. 5-31, 1997.

TSCHUMI, B. **Jump**. 1997. Disponível em: <http://www.epita.fr/nouvel_b/transarchitectures02/> Acesso em: 20 março 1998.

TSCHUMI, B. **Architecture and Disjunction**. Cambridge, MA: MIT Press, 1994.

TULVING, E. **Elements of Episodic Memory**. Oxford: Claredon Press, 1983.

- ULLMAN, D. G.; DIETTERICH, T. G.; STAUFFER, L. A. A model of the mechanical design process based on empirical data. **AI EDAM**, v. 2, n. 1, p. 33-52, 1988.
- ULLMAN, D. G.; WOOD, S.; CRAIG, D. The importance of drawing in the mechanical design process. **Computer Graphics**, v. 14, n. 2, p. 263- 274, 1990.
- VANDIJK, C. G. C. New insights in computer-aided conceptual design. **Design Studies**, v. 16, n. 1, p.62-80, 1995.
- VAN SOMEREN, M. W.; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A. C. **The think aloud method: a practical guide to modelling cognitive processes**. London: Academic Press, 1994.
- VAN SOMMERS, P. **Drawing and Cognition – Descriptive and Experimental Studies of Graphic Production Processes**. Cambridge, UK: Cambridge University, 1984.
- VERSTIJNEN, I. M.; LEEWEN, C. V.; HAMEL, R.; GOLDSCHMIDT, G.; HENNESSEY, J. M. Sketching and creative discovery. **Design Studies**, v. 19, n. 4, p. 519-546, Oct. 1998.
- WAERN, Y. On the Dynamics of Mental Models. **Human Factors in Information Technology**, n. 3. Amsterdam: Elsevier, 1990.
- WASON, P. C.; JOHNSON-LAIRD, P. N. **Psychology of Reasoning: Structure and Content**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1972.
- WEISBERG, R. W. **Creativity: Genius and Other Myths**. New York: W. H. Freeman & Co., 1986.
- WEISBERG, R. W. **Creativity: beyond the myth of genius**. New York: W H Freeman & Co, 1993.
- WHITEHEAD, B.; ELDARS, M. Z. An approach to the optimum layout of single storey buildings. **The Architect's Journal**, p. 1373-1380, 17 June 1964.
- WILSON, T. D. The proper protocol: validity and completeness of verbal reports. **Psychological Science: a journal of the American Psychological Society**, v. APS. 5, n. 5, p. 249- 252, 1994.
- YI-LUEN, E. D.; GROSS, M. Drawing analogies, In: KALISPERIS, L.; KOLAREVIC, B. (Ed.) **Computing in Design**. State College, PA: Nittany Valley Offset, 1995.

Glossário

- CAD: *Computer Aided Design*: Projeto Auxiliado por Computador
- CAAD: *Computer Aided Architectural Design*: Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador
 - Cognição: Termo amplo, tradicionalmente usado para referir-se a atividades tais como o ato de: pensar, conceber, raciocinar etc.; o qual envolve, dentre outras ações cognitivas, a simbolização, o *insight*, a expectativa, o uso de regras complexas, imagens, crenças, intencionalidade, resolução de problemas e assim por diante.
 - Concepção Projetual: A fase de concepção de um projeto é a fase inicial do mesmo, onde o arquiteto toma conhecimento do problema e gera soluções amplas e esquemáticas para o mesmo. É a fase de maior demanda para o arquiteto e é onde as decisões mais importantes são tomadas.
 - Dialogia: Modo de conversação reflexivo podendo ocorrer no interior do sujeito, com um sujeito e uma ou mais enunciações ou ainda durante a interação (diálogo) entre sujeitos distintos.
 - Ferramentas CAD: Programas aplicados ao desenvolvimento e representação de projetos.
 - Insight: Uma compreensão aparentemente súbita, iluminadora, da natureza de alguma coisa, resultando, muitas vezes, na adoção de uma abordagem inédita para o objeto em foco.
 - Método: Conjunto sistematizado de operações e regras predeterminadas que se deve realizar para alcançar um objetivo.
 - Método projetual: Detalhamento de como trabalha aquele que projeta.
 - Metodologia projetual = metodologia de projeto: Como quem projeta compõe suas regras internas, como raciocina. Para o desenvolvimento de uma metodologia poderiam existir diversos métodos.
 - Mídia tradicional: lápis e papel.
 - Mídia digital: computador.
 - Paradigma perspectivo ou perspéctico: Caracteriza a perspectiva como um sistema de representação geometricamente exato, visando à exata correspondência entre desenhos e objeto. Supõe, portanto, uma relação causal e direta entre representação e edificação resultante. Caracteriza a perspectiva como uma metáfora simbólica, causadora de impactos em várias disciplinas (dentre elas a Arquitetura) através do significativo papel que a subjetividade passou a assumir com a modificação do pensamento humano sobre a visualização.
 - Processo: Maneira pela qual se desenvolve uma operação. Sequência ou conjunto de ações com um propósito determinado.
 - Processo cognitivo: Sequência contínua de operações mentais, conscientes e inconscientes, que ocorrem durante a exploração sensorial e perceptiva do conhecimento.
 - Processo projetual ou processo de projeção ou projeção: Processo de projetar. Desenvolvimento do ato de projetar. Processo de concepção, validação, desenvolvimento e formalização do espaço arquitetônico, através da interação entre o arquiteto e o problema/proposta e entre os demais indivíduos envolvidos na atividade. Envolve uma atividade tecnológica, um processo criativo, um processamento de informações e a resolução de problemas.
 - Problema/proposta projetual: É o objeto central do processo de projetar. O termo problema/proposta é usado para caracterizar um processo no qual problema e solução emergem juntos, pois o problema não pode ser completamente entendido sem algumas soluções que o ilustre.

- Programas CAD genéricos: constituem-se principalmente em editores de desenho (2D) e modeladores tridimensionais, aplicáveis a qualquer área de atuação (Arquitetura, Engenharia etc.).
- Programas CAD dedicados: constituem-se em ferramentas com aplicações dirigidas às necessidades de projeto ou de representação de áreas do conhecimento específicas.
- Projeto: proposta ou hipótese de solução para o problema; objeto da projeção; resultado da projeção; paradigma da atividade projetual; compromisso entre o objeto mental e o objeto real.
- Representação: pode ser definida como algo que está no lugar de outra coisa; algum tipo de modelo desta coisa (ou coisas) representada(s);
- Representação gráfica: Instrumento mediador entre abstração e realidade na projeção arquitetônica. Permite que uma idéia subjetiva torne-se um objeto construído. É uma linguagem que comunica e propõe que se faça algo (o projeto) embora não o represente em sua totalidade.
- Sistemas CAD: Conjunto inter-relacionado dos programas, dos equipamentos que os suportam, dos métodos e procedimentos empregados pelo usuário, incluindo o mesmo, usados no desenvolvimento e representação de projetos.
- Tecnologias CAD: Conjunto dos programas e dispositivos físicos aplicados ao desenvolvimento e representação de projetos.
- Tecnologias da inteligência: São a conjugação dos diferentes tipos de linguagem e mecanismos de representação, criados pelo homem e, suportados por dispositivos materiais, que servem como instrumentos mediadores nas relações individuais ou coletivas.
- Teoria projetual: Uma descrição pormenorizada e explicativa do próprio processo projetual.