Marcelo de Paula Ferreira

Um roteiro para a criação de programa computacional dedicado
à geração de pré-projeto arquitetônico de habitações sociais:
realimentação de modelo a partir de Avaliações Pós-Ocupação

Dissertação de Mestrado
Orientadora: Profa. Dra. Sheila Walbe Ornstein

Universidade de São Paulo
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
São Paulo
2009

Marcelo de Paula Ferreira

Um roteiro para a criação de programa computacional dedicado à geração de pré-projeto arquitetônico de habitações sociais: realimentação de modelo a partir de Avaliações Pós-Ocupação

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para a obtenção do grau de mestre.

Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura

Orientadora: Profa. Dra. Sheila Walbe Ornstein

São Paulo
2009

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio, convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Assinatura:
marceloferreira@usp.br

Ficha catalográfica

Ferreira, Marcelo de Paula
F414r Um roteiro para a criação de programa computacional dedicado à geração de pré-projeto arquitetônico de habitações sociais: realimentação de modelo a partir de Avaliações Pós-Ocupação. - São Paulo, 2009.
315 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura) - FAUUSP.
Orientadora: Sheila Walbe Ornstein.

1. Arquitetura (Projeto e Simulação Computacional) 2. Geometria e Modelagem Computacional I. Título

CDD 720.28

Dedicatória

Ao meu pai Carlos pelo amor, pelo exemplo, pela determinação e por me ensinar a "lutar na jaula dos leões".

À minha mãe Izaura pelo amor, pela ternura, pela fé e por me ensinar a ter misericórdia com os que não têm misericórdia.

Ao meu irmão Carlos Eduardo pelo amor, pelo sorriso, pela paz de espírito e por me ensinar a viver cada dia como se fosse o último.

À minha irmã Claudia pelo amor, pela amizade, pelo carinho e por me ensinar que humildade é ser verdadeiro.

Ao meu avô Oswaldo pelo amor e por me ensinar a amar as bibliotecas mesmo não conhecendo as letras.

Aos amigos, em ordem cronológica de convivência.

Ao Marcelo pela amizade, pela lealdade, pelas conversas filosóficas, pelas risadas e por me ensinar a gostar de história.

Ao tio Darcy e à tia Elinor pela amizade, pelo incentivo, pelas dicas do caminho a seguir, pela régua de madeira, pela régua T, pelos esquadros e pelo escalímetro.

Ao Joaci pela amizade, pelas conversas teológicas e filosóficas, pelo som do violão e por me ensinar a gostar de literatura.

Ao Pedro pela amizade, pela confiança depositada e por me ensinar a gostar de filosofia.

À Hellen pelo amor, pela amizade, pela espontaneidade e por ensinar a beleza da autenticidade.

À Danielle pelo amor, pela força de viver, pela dedicação aos órfãos e por me ensinar a confiar, mesmo estando tudo por um fio.

Agradecimentos

À professora Sheila Walbe Ornstein pelo apoio atento e sempre presente na realização desta dissertação; pela seriedade em conduzir a orientação, pelos incentivos, pelo respeito profissional, pelo exemplo acadêmico e por animar o amadurecimento do tema desenvolvido.

Ao professor Marcelo Eduardo Giacaglia pelo interesse, pela disponibilidade, pela dedicação e por apontar as incorreções e me desafiar a superar os domínios conhecidos.

Ao professor Marcelo Claudio Tramontano pelo entusiasmo e pela cordialidade empregados na pesquisa Comunidades *Online*.

Ao professor Geraldo Gomes Serra pelos comentários no início da pesquisa e pelos direcionamentos estimulantes.

Ao professor Antônio Carlos Barossi por ensinar a aprender projeto de arquitetura.

Ao professor Jorge Aristides de Sousa Carvajal por ajudar a encontrar a expressão pessoal do desenho.

Ao professor Moacyr Paulista Cordeiro por induzir, despretensiosamente, a uma visão crítica do projeto arquitetônico funcional da habitação.

Ao professor Minoru Naruto por partilhar sua precisão conceitual e visão de horizonte do fazer arquitetônico.

À professora Gabriela Celani pela atenção, pelas dicas e direcionamentos da pesquisa.

À professora Danielle Ornaghi Sant'anna pelo apoio, pelas conversas e pela colaboração em elucidar conceitos.

Sou grato a cada um em particular e a todos os docentes que depositaram tijolos e sementes na construção do conhecimento individual e coletivo.

Ao VídeoFAU e aos alunos da FAUUSP que colaboraram na elaboração do vídeo que compôs um os Trabalhos Programados.

À Universidade de São Paulo pela oportunidade de estudo acadêmico e pela riqueza de capital intelectual que dispõe.

A Deus, o qual não sei como agradecer senão servi-Lo nos seus filhos.

"Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina", Cora Coralina¹

¹ CORALINA, Cora. *Melhores poemas de Cora Coralina*. Darcy França Denofrio (org.). São Paulo: Global Editora, 2004.

Resumo

Habitar ambientes dimensionados a partir de estudos antropométricos e Avaliações Pós-Ocupação (APOs) dos aspectos funcionais é consequência de processos de projeto arquitetônico a serem consolidados. A tecnologia tem permitido obter um maior controle sobre todas as fases da produção de edificações, sendo a fase de pré-projeto decisiva para o efetivo sucesso de um empreendimento. A presente pesquisa objetiva o desenvolvimento de um roteiro para a elaboração de um programa computacional de Projeto e Desenho Arquitetônico Auxiliado por Computador (*CAADD - Computer Aided Architectural Design and Drafting*) que contribua para o trabalho do arquiteto nas análises geométricas de dimensionamento funcional de edificações habitacionais sociais multi-familiares, no momento do pré-projeto, considerando as especificidades do conjunto de variáveis envolvidas em cada situação de projeto. Ao escolher as alternativas de composição de Programa de Necessidades no sistema, este geraria maquetes eletrônicas (modelo digital) a partir dos parâmetros definidos no próprio programa. Os volumes abstraídos em meio digital são tratados genericamente no sistema como objetos volumétricos (mobiliário, eletrodomésticos, peças sanitárias, esquadrias, estrutura, vedação). A tecnologia de representação gráfica digital escolhida foi o padrão aberto para a distribuição de conteúdo tridimensional denominado *X3D*. A montagem do roteiro contempla conceitos de Computação Gráfica e de Geometria Computacional, aplicando critérios para arranjo físico de ambientes da habitação, relação entre ambientes, distribuição de unidades habitacionais (apartamentos) e análises de locação da edificação no sítio urbano. Utilizam-se como referências dimensionais resultados de APOs (classificadas como dados “dinâmicos”, os quais se alteram com maior frequência no tempo) e legislação e normas vigentes (classificados como dados “estáveis”, os quais se alteram com menor frequência no tempo), visando melhorias espaciais e manutenção contínua da abordagem do projeto e desenho arquitetônico funcional nos novos projetos habitacionais.

Palavras-chave: Pré-Projeto Arquitetônico, Avaliação Pós-Ocupação (APO), Modelagem Geométrica Computacional, Habitação Social, Simulação Computacional, *X3D*.

Abstract

The possibility of living in environments that have been sized on the basis of anthropometric studies and post-occupancy evaluations (POEs) of the functionality of buildings is the consequence of architectural design processes yet to be consolidated. This technology has enabled greater control over all stages in the construction of buildings, the pre-design stage being decisive for the success of an enterprise. The objective of the present study is to develop guidelines for designing a computer program for architectural designing and drafting (CAADD-Computer Aided Architectural Design and Drafting) that will serve as an aid to architects in terms of geometrical analyses of the functional dimensions of low-income housing during the pre-design stage, considering the specific aspects of the variables involved in each design. By choosing alternatives for programming the software, the system is set up to enable designers to generate digital models based on standards defined in the program itself. The digitally extracted volumes are treated generically in the system as volumetric objects (furniture, appliances, plumbing fixtures, door and window frames, structures, waterproofing and others). The open standard for distributing tridimensional contents, known as X3D, was chosen as the technology for digital graphic representation. The guidelines take into account concepts for graphic computing and computational geometry and apply criteria for the physical arrangement of living environments, relationships among environments, distribution of the apartments and analyses of the location of the buildings in their urban context. Dimensional references are used to establish these guidelines, including the results of POEs (classifying the data that changes most often over time as "dynamic"). Other factors that must be taken into consideration are the local laws, norms and regulations (classified as "stable" data, which change less often over time). The objective is to develop spatial improvements and continuous feedback of the approach of the design and functional architectural drafting in new housing designs.

Keywords: Architectural pre-design, Post-occupancy Evaluation (POE), computational geometric modeling, low-income housing, computational simulation, X3D.

Lista de Figuras

Figura 1 – Exemplo de tipo de apartamento de condomínio construído pela COHAB.....	30
Figura 2 – Exemplo de bloco de apartamentos da COHAB em configuração de “H”	31
Figura 3 – Topologia da organização dos ambientes da unidade habitacional da Figura 2	32
Figura 4 - Exemplo de um bloco de apartamentos da COHAB em configuração de “H” (identificado como tipo 1 neste trabalho).....	72
Figura 5 – Corte esquemático do bloco de apartamentos.	72
Figura 6 - Implantação em três blocos.....	73
Figura 7 - Implantação em dois blocos.....	73
Figura 8 – Exemplo de croqui com arranjo físico do ambiente dormitório	100
Figura 9 – Exemplo de croqui com arranjo físico do ambiente dormitório	100
Figura 10 – Exemplo de croqui com arranjo físico do ambiente dormitório	100
Figura 11 – Arranjo Físico 1 Sala AFS1	101
Figura 12 – Arranjo Físico 2 Sala AFS2	101
Figura 13 – Arranjo Físico 3 Sala AFS3	101
Figura 14 – Incidência dos arranjos físicos do ambiente sala.....	102
Figura 15 – Arranjo Físico Cozinha (AFC1).....	103
Figura 16 – Arranjo Físico Cozinha (AFC2).....	103
Figura 17 – Arranjo Físico Cozinha (AFC3).....	103
Figura 18 – Incidência dos arranjos físicos do ambiente cozinha	104
Figura 19 – Exemplo de vetor.....	112
Figura 20 – Posição relativa de retas	116
Figura 21 – Exemplo de paralelepípedo retângulo.....	116
Figura 22 – Representação de um cubóide no espaço cartesiano	118
Figura 23 – Representação de um cubóide reduzido a dois vetores.	119
Figura 24 – Mudança de base.	119
Figura 25 – Montagem da volumetria a partir de um ponto referencial	120

Figura 26 – Área da curva da equação $y=f(x)$	121
Figura 27 – Aproximação 1 do cálculo da área da curva da equação $y=f(x)$, utilizando retângulos de base Δx e altura variável	122
Figura 28 – Aproximação 2 do cálculo da área da curva da equação $y=f(x)$, utilizando retângulos de base Δx e altura variável	123
Figura 29 – Representação discreta de um toro utilizando <i>voxels</i>	124
Figura 30 - Representação contínua de um toro.	125
Figura 31 – Exemplo de volumetria a partir de uma planta baixa.....	131
Figura 32 – Exemplo de matriz de pontos: cada unidade é um <i>pixel</i>	151
Figura 33 – Exemplo de topologia em forma de diagrama de grafos.....	196
Figura 34 – Outro exemplo de topologia em forma de diagrama de grafos	196
Figura 35 – Vetor posição e vetor dimensão	210
Figura 36 – OV Parede e OV mobiliário cama de casal.....	212
Figura 37 – OVs parede, cama de casal e guarda-roupa.	213
Figura 38 – Intersecção de espaços de uso.	214
Figura 39 – OVs Parede, cama de casal, guarda-roupa e cadeira.	214
Figura 40 – Ambiente dormitório visto em planta.	215
Figura 41 – OV porta com o respectivo espaço de uso.....	216
Figura 42 – Exemplo de espaço utilizado para o uso da porta.....	217
Figura 43 – OV janela com o seu respectivo espaço de uso (PR cor vermelha).	217
Figura 44 – Ambiente “dormitório” com vetores posição e dimensão.	218
Figura 45 – Diagrama de implantação	231
Figura 46 – Diagrama <i>Object-Role Modeling (ORM)</i> do programa computacional.	233
Figura 47 – Diagrama de Casos de Uso.....	236
Figura 48 – Exemplo de interface.....	238
Figura 49 – Exemplo do <i>menu</i> “Arquivo”.....	239
Figura 50 – Exemplo do <i>menu</i> “Editar”.	239
Figura 51 – Exemplo <i>menu</i> “Exibir”.	239
Figura 52 – Exemplo do <i>menu</i> “Gerenciar”.	240

Figura 53 – Exemplo de tela de identificação de um registro do apartamento entrevistado no banco de dados	272
Figura 54 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 1 a 12...	273
Figura 55 – Exemplo de tela do banco de dados contendo as questões de 13 a 15	273
Figura 56 – Exemplo de tela com a pergunta 16 do questionário	274
Figura 57 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões 17 a 18	274
Figura 58 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 19 a 25.	275
Figura 59 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 26 a 28.	275
Figura 60 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 29 a 34.	276
Figura 61 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões 35 e 36	276
Figura 62 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 37 a 42.	277
Figura 63 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 41 a 43.	277
Figura 64 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 44 a 46.	278
Figura 65 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 47 a 50.	278
Figura 66 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 51 a 57.	279
Figura 67 – Exemplo de tela do <i>site</i> para acessar as informações do banco de dados	280
Figura 68 – Planta baixa do apartamento tipo 1.	281
Figura 69 – Planta baixa do apartamento tipo 2.	282
Figura 70 – Exemplo de croqui de arranjo físico do ambiente dormitório.....	301
Figura 71 – Exemplo de croqui de arranjo físico do ambiente dormitório.....	301
Figura 72 – Exemplo de croqui de arranjo físico do ambiente dormitório.....	301
Figura 73 – Exemplo de croqui com arranjo físico do ambiente banheiro.....	302
Figura 74 – Exemplo de croqui com arranjo físico do ambiente banheiro.....	302
Figura 75 – Exemplo de croqui com arranjo físico do ambiente área de serviço	302
Figura 76 – Exemplo de croqui com arranjo físico do ambiente área de serviço	302
Figura 77 – Arranjo Físico 4 Sala AFS4	302
Figura 78 – Arranjo Físico 5 Sala AFS5	302

Figura 79 – Arranjo Físico 6 Sala AFS6	302
Figura 80 – Arranjo Físico 7 Sala AFS7	303
Figura 81 – Arranjo Físico 8 Sala AFS8	303
Figura 82 – Arranjo Físico 9 Sala AFS9	303
Figura 83 – Arranjo Físico Cozinha (AFC4).....	303
Figura 84 – Arranjo Físico Cozinha (AFC5).....	303
Figura 85 – Arranjo Físico Cozinha (AFC6).....	303
Figura 86 – Arranjo Físico Cozinha (AFC7).....	304
Figura 87 – Arranjo Físico Cozinha (AFC8).....	304
Figura 88 – Arranjo Físico Cozinha (AFC9).....	304
Figura 89 – Arranjo Físico Cozinha (AFC10).....	304
Figura 90 – Arranjo Físico Cozinha (AFC11).....	304
Figura 91 – Arranjo Físico Cozinha (AFC12).....	304
Figura 92 – Arranjo Físico Cozinha (AFC13).....	304
Figura 93 – Arranjo Físico Cozinha (AFC14).....	304
Figura 94 – Arranjo Físico Cozinha (AFC15).....	304
Figura 95 – Arranjo Físico Cozinha (AFC16).....	305
Figura 96 – Arranjo Físico Cozinha (AFC17).....	305

Lista de Fotos

Foto 1 - Foto aérea da área de estudo da pesquisa COL, distrito Cidade Tiradentes, município de São Paulo	74
Foto 2 – Condomínio Eucalipto	76
Foto 3 – Centro Cultural Arte em Construção.....	76
Foto 4 – Ambiente sala.....	94
Foto 5 – Ambiente Cozinha	94
Foto 6 – Ambiente dormitório.....	94
Foto 7 – Ambiente banheiro	94
Foto 8 – Ambiente sala.....	294

Foto 9 – Ambiente sala.....	294
Foto 10 – Ambiente sala	294
Foto 11 – Ambiente sala	294
Foto 12 – Ambiente sala	295
Foto 13 – Ambiente sala	295
Foto 14 – Ambiente dormitório	295
Foto 15 – Ambiente dormitório	295
Foto 16 – Ambiente dormitório	295
Foto 17 – Ambiente dormitório	296
Foto 18 – Ambiente dormitório	296
Foto 19 – Ambiente dormitório	296
Foto 20 – Ambiente dormitório	296
Foto 21 – Ambiente dormitório	296
Foto 22 – Ambiente cozinha	297
Foto 23 – Ambiente cozinha	297
Foto 24 – Ambiente cozinha	297
Foto 25 – Ambiente cozinha	297
Foto 26 – Ambiente Cozinha	298
Foto 27 – Ambiente Cozinha	298
Foto 28 – Ambiente Cozinha	298
Foto 29 – Ambiente área de serviço	298
Foto 30 – Ambiente área de serviço	298
Foto 31 – Ambiente área de serviços	299
Foto 32 – Ambiente área de serviços	299
Foto 33 – Ambiente área de serviços	299
Foto 34 – Ambiente banheiro	299
Foto 35 – Ambiente banheiro	299
Foto 36 – Ambiente banheiro	300
Foto 37 – Ambiente banheiro	300
Foto 38 – Ambiente banheiro	300

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Distribuição por data dos questionários aplicados nos levantamentos de campo realizados	77
Gráfico 2 – Distribuição do número de questionários aplicados em apartamentos da Área de Intervenção e Controle	78
Gráfico 3 - Número de questionários aplicados por condomínio	79
Gráfico 4 – Faixa etária do representante familiar que respondeu o questionário.	80
Gráfico 5 - Nível de escolaridade do representante familiar que respondeu o questionário (287 respostas).....	81
Gráfico 6 - Número de moradores por apartamento (283 respostas).	82
Gráfico 7 - Composição familiar (282 respostas).	82
Gráfico 8 - Satisfação quanto a... (41 respostas ou mais).....	83
Gráfico 9 – Conforto do apartamento (240 respostas).....	83
Gráfico 10 - Qualificação do apartamento (279 respostas ou mais).	84
Gráfico 11 - Tamanho dos ambientes do apartamento (283 respostas ou mais).	85
Gráfico 12 - Opinião sobre a adequação dos ambientes (273 respostas ou mais).	86
Gráfico 13 – Percepção do ruído (216 respostas).	87
Gráfico 14 – Origem do barulho.....	87
Gráfico 15 – Patologias da construção.	88

Lista de Quadros

Quadro 1 – Tipos de signos.....	12
Quadro 2 – Análise de relações entre ambientes da habitação e mobiliário correspondente.	33
Quadro 3 – Camadas de abstração de representação de dados	39

Quadro 4 – Quadro resumo dos conceitos matemáticos.....	114
Quadro 5 – Cronologia de eventos relacionados ao <i>CAADD</i>	141
Quadro 6 – Linhas de pesquisa identificadas voltadas ao <i>CAADD</i>	155
Quadro 7 – Listagem de características de um programa de computador <i>CAADD</i>	173
Quadro 8 – Programas de computador voltados predominantemente ao desenho vetorial	175
Quadro 9 – Programas de computador experimentais	176
Quadro 10 – Abordagens ou contribuições relacionadas aos estudos de automatização do planejamento do arranjo físico do espaço utilizando algoritmos computacionais	179
Quadro 11 – Comparação dos níveis de abstração dos processos de produção das Ciências da Computação e da Arquitetura e do Urbanismo.....	185
Quadro 12 – Resumo do roteiro	188
Quadro 13 – Exemplo de informações de um Programa de Necessidades.....	191
Quadro 14 – Lista de graus de conexão entre ambientes da habitação.	194
Quadro 15 – Exemplo de graus de conexão entre os ambientes.	194
Quadro 16 – Lista de graus de adjacência entre ambientes da habitação.	195
Quadro 17 – Exemplo de graus de adjacência entre os ambientes.	195
Quadro 18 – Exemplo de listagem de variáveis dimensionais existentes em uma unidade habitacional	200
Quadro 19 – Utensílios domésticos sujeitos ao atributo de cubagem.	201
Quadro 20 – Exemplo de questões aplicáveis em uma APO voltada aos aspectos funcionais da habitação.	202
Quadro 21 – Exemplo de normas legais incidentes no Município de São Paulo.	204
Quadro 22 – Lista de características pontuais da legislação que ocasionam desdobramentos geométricos.....	209
Quadro 23 – Lista de ambientes da habitação com os respectivos equipamentos.	220
Quadro 24 – Lista de atributos de um ambiente da habitação.	220
Quadro 25 – Exemplo de lista de mobiliário.....	221

Quadro 26 – Lista de atributos do mobiliário.	221
Quadro 27 – Lista de peças sanitárias de uma habitação.	221
Quadro 28 – Lista de atributos de peças sanitárias.	221
Quadro 29 – Lista de eletrodomésticos.	222
Quadro 30 – Lista de atributos de eletrodomésticos.	222
Quadro 31 – Lista de tipos do mobiliário mesa.	222
Quadro 32 – Sugestão de disciplinas consideradas no sistema computacional.	228
Quadro 33 – Sugestão de temas ponderáveis no sistema computacional.	229
Quadro 34 – Lista de objetos volumétricos de interesse para o arranjo físico..	231
Quadro 35 – Lista de atributos de um OV.	234
Quadro 36 – Caso de Uso: Abrir/Criar um modelo digital <i>CAADD</i>	237
Quadro 37 – Caso de Uso: Abrir instância do programa computacional <i>CAADD</i>	306
Quadro 38 – Caso de Uso: Cadastrar restrições geométricas na base de dados a partir de Avaliações Pós-Ocupação funcionais	306
Quadro 39 – Caso de Uso: Cadastrar/Editar/Apagar restrições geométricas na base de dados a partir de legislação e normas.	307
Quadro 40 – Caso de Uso: Cadastrar/Buscar/Exibir/Listar/Editar/Apagar OVs na base de dados.	307
Quadro 41 – Caso de Uso: Buscar/Exibir/Listar restrições geométricas de Avaliações Pós-Ocupação funcionais do modelo digital corrente.	308
Quadro 42 – Caso de Uso: Buscar/Exibir/Listar/Editar restrições geométricas de legislações e normas no modelo digital corrente.	308
Quadro 43 – Caso de uso: Criar/Buscar/Exibir/Listar/Selecionar/Editar/Apagar/Mover OVs no modelo digital corrente	309
Quadro 44 – Caso de Uso: Cadastrar coordenadas georreferenciadas do lote urbano no modelo digital corrente.	310
Quadro 45 – Caso de Uso: Cadastrar cotas a partir de malha ortogonal traçada no polígono que representa o lote urbano no modelo digital corrente	310
Quadro 46 – Caso de Uso: Importar polígono do lote urbano e a malha de cotas para o modelo digital corrente.	311

Quadro 47 – Caso de Uso: Visualizar/Aproximar/Afastar/Rotacionar_3D/Alterar perspectiva de visualização do modelo digital corrente.....	312
Quadro 48 – Caso de Uso: Exportar modelo digital	312
Quadro 49 – Caso de Uso: Exibir/Navegar (n)a estrutura hierárquica de OV's do modelo digital corrente.....	312
Quadro 50 – Caso de Uso: Exibir/Editar legislação ou norma por esfera governamental e delimitação geográfica administrativa na base de dados.....	313
Quadro 51 – Caso de Uso: Criar/Exibir/Editar Programa de Necessidades do modelo digital corrente.....	313
Quadro 52 – Caso de Uso: Gerar uma disposição geométrica automática do modelo digital corrente a partir de um Programa de Necessidades	314
Quadro 53 – Caso de Uso: Gerenciar Programas de Necessidades na base de dados	314
Quadro 54 – Caso de Uso: Carregar para o modelo digital corrente um Programa de Necessidades existente na Base de Dados	315

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Áreas úteis dos ambientes do tipo 1.....	71
Tabela 2 – Áreas úteis dos ambientes do tipo 2.....	71
Tabela 3 – Apartamentos da Área de Intervenção dos quais foram feitos croquis.	89
Tabela 4 - Apartamentos da Área de Controle dois quais foram feitos croquis...	90
Tabela 5 – Classificação de restrições de passagem	97
Tabela 6 – Quantificação de pontos por tipo de atividade em cada ambiente e no apartamento.....	98
Tabela 7 – Quantificação das tipos do arranjo físico do ambiente sala	102
Tabela 8 – Quantificação das tipologias do arranjo físico do ambiente cozinha	105
Tabela 9 – Exemplos de geometrizações a partir de condicionantes legais	207

Lista de Siglas e Abreviaturas

3DEI: 3D Eletronic Institutions (Instituições Eletrônicas em Ambiente Virtual Tridimensional)

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC: Architecture, Engineering, and Construction (Arquitetura, Engenharia Civil e Construção)

APO: Avaliação Pós-Ocupação

BD: Base de Dados

BIM: Building Information Model (Sistema de Informação para a Construção)

CAAD: Computer-Aided Architectural Design (Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador)

CAADD: Computer-Aided Architectural Design and Drafting (Projeto e Desenho Arquitetônico Auxiliado por Computador)

CABD: Computer-Aided Building Design (Projeto do Edifício Auxiliado por Computador)

CAD: Computer-Aided Design (Projeto Auxiliado por Computador)

CAD: Computer-Aided Drafting (Desenho Auxiliado por Computador)

CADAM: Computer Aided Design and Manufacturing (Projeto e Manufatura Auxiliado por Computador)

CADD: Computer-Aided Design and Drafting (Projeto e Desenho Auxiliado por Computador)

CAE: Computer Aided Engineering (Engenharia Auxiliada por Computador)

CAFM: Computer Aided Facilities Management (Gerenciamento de Recursos Assistido por Computador).

CAGD: Computer-Aided Geometric Design (Projeto Geométrico Auxiliado por Computador)

CAM: Computer-Aided Manufacturing (Manufatura Auxiliada por Computador)

CDHU: Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo

CEF: Caixa Econômica Federal

CNC: Computerised Numerical Control

COHAB: Companhia Metropolitana de Habitação

COL: Comunidades *Online*

DAC: Design Augmented by Computer

DSO: Dynamic Spatial Ordering (Organização de Espaço Dinâmico)

DVO: Dynamic Variable Ordering (Organização de Variável Dinâmica)

DXF: Drawing Interchange Format (Formato de Intercâmbio de Desenhos)

EDVAC: Eletronic Discrete Variable Computer (Computador Variável Discreto Eletrônico)

EESC-USP: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo

OV: Objetos Volumétricos

ENIAC: Eletronic Numerical Integrator and Calculator (Computador e Integrador Numérico Eletrônico)

FEM: Finite-Element Method (Método de Elementos Finitos)

GA: Genetic Algorithm (Algoritmo Genético)

GIS: Geographic Information System (Sistema de Informação Geográfica)

GRAIL: Graphics Input Language (Linguagem de Entrada Gráfica de Dados²)

GUI: Graphical User Interface (Interface Gráfica de Usuário)

HS: Habitação Social

IAS: Institute Advanced Studies Computer (Computador do Instituto de Estudos Avançados)

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBIS: Industrialized Building Systems and Component Exhibition

IGES: Initial Graphics Exchange Specification

KBS: Knowledge-Based System (Sistema Baseado no Conhecimento)

MIT: Massachusetts Institute of Technology

MR: Mixed Reality (Realidade Misturada)

ORM: Object Role Modeling (Modelagem voltada à função do objeto³)

PACE: Package for Architectural Computer Evaluation (Pacote Integrado para a Avaliação de Desempenho de Edifícios)

PR: Paralelepípedo Reto

RE: Real Environmental (Realidade Aumentada)

RNA: Redes Neurais Artificiais

RP: Rapid Prototyping

SIGGRAPH: Special Interest Group on Graphics and Interactive Techniques

*SUN: Stanford University Network*⁴

² Tradução do autor da dissertação.

³ Tradução do autor da dissertação.

⁴ Referente à denominação da empresa SUN Microsystems.

TIC: Tecnologia da Informação e Comunicação (*ICT: Information Communication Technologies*)

UNIVAC-I: Universal Automatic Computer (Computador Automático Universal)

VE: Virtual Environmental (Virtualidade Aumentada)

VLSI: Very-Large-Scale Integration (Integração em Escala Muito Grande)

VR: Virtual Reality (Realidade Virtual)

VRML: Virtual Reality Markup Language (Linguagem de Marcação de Realidade Virtual)

X3D: Extensible Three-Dimensional Markup Language (Linguagem de Marcação Tridimensional Extensível)

XML: Extensible Markup Language (Linguagem de Marcação Extensível)

Observação: os estrangeirismos foram grafados em *itálico*.

Sumário

Dedicatória.....	I
Agradecimentos	III
Resumo	VII
<i>Abstract</i>	IX
Lista de Figuras.....	X
Lista de Fotos	XIII
Lista de Gráficos.....	XV
Lista de Quadros	XV
Lista de Tabelas	XVIII
Lista de Siglas e Abreviaturas.....	XIX
Sumário	XXIII
Apresentação.....	1
1 O homem cria símbolos, o computador manipula símbolos	11
1.1 Arquitetura e informática.....	13
1.2 Motivação.....	18
2 A razão na criatividade: metodologia.....	21
2.1 Método da pesquisa acadêmica.....	26
2.2 Metodologia de projeto arquitetônico.....	28
2.3 Método de desenvolvimento de um programa computacional <i>CAADD</i>	35
3 Habitar: materialização e extensão do viver	43
3.1 Direito à moradia e habitabilidade	51
3.2 Manuais de projeto arquitetônico aplicados à habitação.....	53
3.3 Habitações Sociais.....	56
4 Avaliação Pós-Ocupação e insumos para a etapa de pré-projeto.....	61
4.1 Habitação social e tecnologia.....	63
4.2 Processo de Projeto e Avaliação Pós-Ocupação	66
4.3 Avaliação Pós-Ocupação de Conjunto Habitacional no distrito Cidade Tiradentes do município de São Paulo	69
4.3.1 Localização	73
4.3.2 Cronologia e Fases.....	74
4.3.3 Tabulação dos dados do questionário	76
4.4 Análises da consulta ao real	88
4.4.1 Croquis selecionados e registros fotográficos	88
4.4.2 Fluxos e restrições de acesso de pessoas	96

4.4.3	Análise do ambiente sala	100
4.4.4	Análise do ambiente cozinha	103
5	Manipulação geométrica vetorial digital.....	106
5.1	Alguns conceitos matemáticos	110
5.2	Objetos Volumétricos contínuos e discretos	121
5.3	Geometria Computacional.....	126
5.4	Vetor posição e vetor dimensão: referenciando e caracterizando objetos volumétricos.....	130
6	Projeto e Desenho Arquitetônico Auxiliado por Computador (<i>CAADD</i>)	133
6.1	Definições: <i>CAD</i> , <i>CAAD</i> , <i>CADD</i> e <i>CAADD</i>	134
6.2	Contexto histórico	137
6.3	Computação Gráfica e Representação Gráfica Digital	142
6.3.1	Sistemas de representação gráfica	145
6.3.2	A representação na arquitetura	148
6.3.3	Formatos gráficos digitais	150
6.4	Estágio atual das pesquisas de projeto e desenho arquitetônico mediados por computador	153
6.4.1	Agentes Autônomos, Sensores, Dispositivos Pró-Ativos e Visualizadores Remotos	156
6.4.2	Aplicação de Diferentes Mídias nos Processos Criativos, Projeto Conceitual e Processos de Pré-Projeto, Criatividade e Mídia Digital... 156	
6.4.3	Desenho Paramétrico	157
6.4.4	Estruturas Complexas e Pesquisas da Forma	157
6.4.5	<i>Evolutionary Design</i> , Método Evolucionário Computacional, Algoritmos genéticos.....	158
6.4.6	<i>Generative Design</i> , Geração da Forma, Geração do Modelo e Geração de Projeto Baseado no Desempenho	159
6.4.7	Gramática da Forma	160
6.4.8	Integração Analógica e Digital no Ensino.....	160
6.4.9	Inteligência Artificial Aplicada, Sistemas Especialistas, Uso de Linguagem de Programação	161
6.4.10	Interface Gestual, Ambientes Interativos, Projeto Interativo	162
6.4.11	Interoperabilidade e Padrões de Transferência de Dados: <i>IFC</i> , <i>X3D</i> , <i>VRML</i> , <i>STEP</i> , <i>IGES</i> e <i>XML</i>	162
6.4.12	Modelo de Informação do Edifício (<i>BIM</i>)	164
6.4.13	Projeto Colaborativo, Ambientes Colaborativos Remotos.....	165
6.4.14	Fabricação Digital	166

6.4.15	Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Virtualidade Aumentada, Realidade Mista e Ciberespaço	166
6.4.16	Renderização, Tratamento Digital de Imagens, Foto-Realidade	167
6.4.17	Sintaxe Espacial	167
6.4.18	Sistemas Baseados em Conhecimento (<i>KBS</i>)	168
6.4.19	Gerenciamento de recursos	168
6.4.20	Técnicas de Análise Computacional.....	169
6.5	Instituições e Eventos voltados ao <i>CAADD</i>	169
6.6	Programas de computador para a arquitetura	171
6.7	A proposta de Benachir Medjdoub e Bernard Yannou	180
7	Um roteiro para desenvolvimento de programa computacional <i>CAADD</i> aplicando os conceitos abordados	183
7.1	Proposta	189
7.1.1	Identificação de Programas de Necessidades circunstanciais .	190
7.1.2	Identificação de variáveis dimensionais de habitação social a partir de APOs funcionais.....	198
7.1.3	Identificação de variáveis dimensionais de condicionantes legais e normativas da habitação social	203
7.1.4	Exemplo prático ilustrado	210
7.1.5	Objetos Volumétricos a partir de informações alfanuméricas .	223
7.2	Resultados	230
7.2.1	Modelagem da informação	230
7.2.2	Casos de Uso propostos.....	235
7.2.3	Interface proposta	238
8	Considerações finais	241
8.1	Conclusões	241
	Bibliografia	245
	Referências	245
	Bibliografia consultada	263
	Sítios	264
	Glossário.....	266
	Anexos	271
	Anexo 1 - Questionário do COL em formato de telas de banco de dados ..	272
	Anexo 2 – Planta baixa dos apartamentos visitados na pesquisa COL	281
	Anexo 3 – Croquis selecionados de apartamentos visitados	283
	Anexo 4 – Registros fotográficos.....	294

Anexo 5 – Arranjos físicos.....	301
Arranjos físicos do ambiente sala	302
Arranjos físicos do ambiente cozinha	303
Anexo 6 – Casos de Uso propostos.....	306

Apresentação

Habitar é estender o mundo interior do homem pretendendo cercar o seu domínio imediato, de tal modo, a garantir a integridade e a manutenção fisiológica, psicológica e emocional daquele(s) que habita(m).

O objetivo dessa dissertação é a apresentação de um roteiro, com características de uma especificação de sistema⁵, de programa computacional para geração de pré-projeto em maquete eletrônica (modelo digital) de conjunto habitacional, vertical e multifamiliar, e que possa ser realimentado com informações de resultados de Avaliações Pós-Ocupação funcionais periódicas.

O objeto estudado é automação do processo de projeto arquitetônico na fase de pré-projeto, especificamente para a tipologia de edificação citada.

Provavelmente a qualidade arquitetônica de mais fácil acesso ou apreensão aos sentidos humanos tenda a ser a condição preferida do usuário, isto é, os critérios de escolha – ou pelo menos de desejo – da moradia variam desde valores estéticos até parâmetros conhecidos de conforto ambiental.

Admitindo-se que o arquiteto projetista busque uma solução ótima de projeto (uma solução eleita dentre muitas outras com igual ou menor qualificação), os aspectos de função e forma possuem níveis de importância muito próximos, ou pelo menos complementares entre si, para resultar em uma edificação harmoniosa sob esses critérios.

A característica de abrigo – no sentido amplo – de uma obra arquitetônica a diferencia de uma típica obra de arte. O objeto artístico propriamente não possui a mesma finalidade contemplada na construção arquitetônica. Uma edificação pode ser também uma expressão artística, porém o compromisso com a funcionalidade é preeminente e incontestável.

Enxergando o momento presente como o resultado de um processo histórico complexo, influenciado por todos os eventos que a memória alcança, é possível

⁵ A “especificação de sistemas”, ou “especificação de requisitos”, é o conjunto de documentos textuais e diagramáticos utilizados para formalizar para os desenvolvedores do sistema e tornar mais inteligível aos não técnicos o entendimento das características do programa computacional (POMPILHO, 2002, p. 9)

admitir que o aspecto formal seja a expressão que mais chame a atenção do observador. Apoiada pela cultura, a forma “enche os olhos” quase como satisfazendo a necessidade de encontrar qualidade arquitetônica na obra como um todo, ofuscando, por assim dizer, o quesito funcionalidade. Portanto, é fato que uma edificação ser considerada bela e pouco funcional receba maior atenção que uma edificação tida como apenas funcional. A busca por uma solução ótima de arquitetura visa e harmoniza a forma e a função, tendo a “função” uma característica mais objetiva, mais mensurável, e a “forma”, uma característica mais subjetiva e intangível, sob certos aspectos.

No caso das edificações habitacionais, o equilíbrio entre a forma e a função também é uma meta desejável, porém, a acomodação dos interesses e das possibilidades de ação dos atores envolvidos na produção, na comercialização, no consumo e no uso conduz à priorização de determinadas características de construção da edificação que, eventualmente, estão aquém das necessidades funcionais do usuário final.

A qualidade espacial dos ambientes de uma habitação é preocupação central dos arquitetos. Estudos de alternativas de projeto e decorrentes dimensionamentos dos espaços internos da unidade habitacional são um exercício para se atingir uma solução projetual satisfatória. Para tanto já existem diversas referências conceituais (PORTAS, 1969; NEUFERT, 1976; ALEXANDER, 1977; SILVA, 1982; IPT, 1987; BOUERI, 1989; VOORDT, 1990 e outros) com recomendações e dados quantitativos sobre a composição e os dimensionamentos da moradia. Cabe ao projetista eleger e utilizar os critérios estabelecidos ao longo das diversas experiências de projeto de edificações habitacionais multifamiliares, e atender a demanda em termos de desenhos de edificação para um local geográfico específico. Não bastasse o manejo e a aplicação dessas informações, há o conceito de avaliação de desempenho do produto, dentro do qual a Avaliação Pós-Ocupação (APO) mede a satisfação do usuário.

A avaliação do espaço mínimo necessário para a utilização de um ambiente habitacional possui características subjetivas e objetivas. A expressão “espaço mínimo” é controversa, e assim é utilizada a expressão “espaço habitacional socialmente adequado” (SERRA, 2006). As características objetivas são, de certo

modo, mensuráveis e, portanto, referenciais para direcionar a organização do espaço.

A automação dos processos de projeto é um tema recorrente nos meios acadêmicos e profissionais. Dependendo do nível de complexidade de um projeto arquitetônico supõem-se cenários em que são possíveis tomadas de decisão pelo computador. Essa possibilidade é estudada na área de conhecimento denominada Inteligência Artificial. O Capítulo 1 discute a polêmica dos sistemas computacionais eletrônicos gerarem formas arquitetônicas, destacando a possibilidade de utilização de conceitos de inteligência artificial nos processos de automação de pré-projetos.

A concepção da forma arquitetônica mediada por computador ainda requer investigação minuciosa dos aspectos cognitivos envolvidos no ato criador (PRADO, 2005). A fase anterior ao projeto propriamente dito é influenciada por informações sem ordenamento ou conexões aparentes. É a fase de pré-projeto que corresponde a todos os processos que geram informações para se iniciar um projeto, entre os quais, cita-se: viabilidade econômica, escolha do lote adequado, programa de necessidades, diagramas, fluxos, croquis, perspectivas (HERSHBERGER, 1999).

O controle e a gestão da qualidade de projetos, nos quais a obra é submetida durante a execução e a sua pós-ocupação, proporcionam uma visão sistêmica dos processos e uma retroalimentação dos dados, os quais se transformarão em informações de pré-projeto para novos empreendimentos (ORNSTEIN e ROMERO, 1992, p. 23 e 28; BRAGA, 1998, p. 161; PEDRO, 2000, p. 9; MELHADO, 2001, p. 82, SILVA e SOUZA, 2003, p. 50 e 51).

A fim de se desenvolver um sistema computacional para a automatização de processos de pré-projeto, uma das estratégias seria simular raciocínios para a construção de solução de projeto arquitetônico e seguir passos que um profissional de arquitetura possivelmente optaria (AKIN, LIN e SEM, 1996, p. 1), porém de modo linear, devido à abordagem não holística de algoritmos de cálculo geométrico, contrapondo-se à riqueza de associações de idéias que uma mente humana é capaz. Tomando o polígono do lote já se pode extrair algumas restrições de projeto; o norte geográfico, por sua vez, condiciona a locação da

edificação numa determinada orientação solar. A estratégia de construção do sistema pretende aproximar-se de raciocínios de organização espacial-geométrica seguindo critérios estabelecidos e aceitos de desenho de habitações (AKIN, 1986, p. 3).

“Projetar confunde-se com a solução de uma equação, montada a partir de variáveis determinadas pelo ideal da conveniência e economia. Segundo Pérez-Gomez, o desenho da arquitetura a partir do compêndio de Durand, se reduz ‘a um mero jogo formal de combinações sem referências transcendentais, obedecendo exclusivamente às regras ditadas pela razão matemática’ ” (DURAND, 1819; PÉREZ-GOMES, 1980; VINCENT, 2002, p.39).

A crítica à adoção de metodologias de projeto é pertinente no sentido de estreitar as possibilidades de ensaios mentais de desenho, anteriores à expressão do desenho propriamente dito, e, portanto, estabelece um grau de limitação de idéias associativas. O Capítulo 2 aborda os aspectos metodológicos da presente pesquisa, do tema de projeto arquitetônico e da montagem de um sistema computacional do tipo *CAADD*.

“A ‘máquina de calcular geometria’ nos é apresentada como uma panacéia universal para o tratamento dos dados gráficos e tridimensionais de projeto. Nesta perspectiva, parece a muitos arquitetos e projetistas que o conhecimento fundamental da geometria euclidiana e cartesiana não mais se faz necessário... Simultaneamente, o desenvolvimento de programas de tratamento de informações arquitetônicas (ditos programas ‘inteligentes’ de arquitetura) nos leva a pensar, num primeiro momento, na possibilidade de simplificação das tarefas de representação e coordenação dos desenhos e planificações do projeto. Mas o próprio processo de projetar envolve um diálogo direto com os processos de representar, diálogo este que deve ser informado pelas técnicas de desenho e pela geometria, de um lado, e pelo entendimento do edifício que se busca criar, programaticamente, construtivamente, culturalmente, esteticamente. Não é cabível

abrir mão do domínio seja do desenho, seja do programa⁶
(VINCENT, 2002, p. 243).

Estando os processos mapeados, mesmo por meio de uma abordagem linear de busca da solução, é possível moldar-se uma lógica de composição volumétrica de ambientes e/ou unidades habitacionais unifamiliares, a partir de regras, interpretadas como recomendações de projeto, colhidas em APOs, utilizando a matemática de vetores e a geometria analítica para possibilitar a tradução ao meio computacional. Uma seqüência definida de passos baseados em lógica de composição arquitetônica tais como arranjo físico de ambientes, proporção de compartimentos, permite individualizar operações, por exemplo, geométricas, e executá-las de maneira linear.

Com base na precisão do desenho e sua representação/simulação tridimensional disponibilizada pela atual tecnologia, juntamente com os conhecimentos técnicos cumulativos adquiridos em APOs a partir de edificações em uso destinadas à habitação (aspectos funcionais, ergonomia), são investigados procedimentos que busquem utilizar o sistema computacional para comparação (WAGTER, 1985, p. 4) e combinação de padrões geométricos (ALEXANDER, 1964, p. 20).

O sistema parte do dimensionamento das funções⁷ e dos objetos volumétricos contidos em cada ambiente do Programa de Necessidades da habitação definidos, para fazer o cálculo dos espaços necessários. De posse de dados básicos o sistema já seria capaz de gerar um modelo digital tridimensional e apresentá-lo sob forma de maquete eletrônica para eventual manipulação interativa do desenho. É uma premissa da metodologia iniciar a composição espacial partindo-se dos elementos volumétricos de menor porte no sistema, a saber: o mobiliário, os eletrodomésticos, as peças sanitárias, os elementos arquitetônicos (esquadrias, estrutura e vedação,) e as atividades humanas específicas em um determinado ambiente.

⁶ O termo "programa" nesse caso se refere ao programa de necessidades da Arquitetura e do Urbanismo, e não ao programa computacional. Outros termos utilizados também possuem significados diferentes dependendo do contexto da área de estudos, como por exemplo: arquitetura, ambiente e outros, e serão comentados quando ocorrerem no texto.

⁷ Não apenas os objetos volumétricos definidos no Programa de Necessidades contribuem para a formação espacial, mas também os movimentos humanos de passagem e alcance determinam como o ambiente deva ser modelado geometricamente.

O número de variáveis a serem consideradas e relacionadas é alto, fazendo-se necessário eleger prioridades e trabalhar com indicadores de qualidade arquitetônica da habitação (PEDRO, 2000, p. 104).

Investigações de desenho de projeto são balizadas por diversas informações que condicionam ou mesmo restringem as possibilidades formais, entre as quais são citadas: normas, legislações, códigos de obras, zoneamentos, orientação solar, ventos, características geométricas de edificações vizinhas, composição do tipo familiar alvo, e são comentados no Capítulo 3. O modelo digital é exposto à base de dados que contém grande quantidade de referências dimensionais, podendo comparar e até mesmo sugerir alterações. Então, quanto maior o número de informações organizadas e relacionadas entre si, maior e mais rica a possibilidade de resposta projetual do sistema computacional.

Além dessas informações, destaca-se na presente pesquisa os dados colhidos em APO aplicada em habitações sociais, como citado anteriormente, comentados no Capítulo 4.

Convém lembrar que em informática a expressão “arquitetura de computadores” indica a estrutura e a organização do *hardware* de um sistema computacional. Já o termo arquitetura pode ser entendido como a arte ou a ciência dedicada ao projeto e à construção de edifícios (SERRA, 2006, p. 28).

As “regras” são operações que o projetista abstrai no momento da concepção dos ambientes e suas interconexões. Dado um lote, a orientação solar, o gabarito que se pretende, o sistema irá compor os ambientes de cada unidade habitacional levando em conta o mobiliário introduzido como repertório no sistema. Para o “cálculo” da disposição e da forma de cada ambiente, os objetos volumétricos (paredes, mobiliário, esquadrias, espaços de uso) são reduzidos a vetores. As restrições contribuem para “moldar” a solução de pré-projeto. Comenta-se sobre a manipulação geométrica vetorial digital no Capítulo 5.

Uma base de dados de elementos geométricos alimentaria o “sistema especialista” para obter um conjunto de resultados (ou pelo menos um resultado) que atenderia às necessidades funcionais de um perfil de grupo de pessoas a residirem em uma unidade habitacional a ser projetada. A partir de

variáveis que possam ser mensuráveis, é possível montar tal “sistema especialista” com questões objetivas, contendo, por exemplo, cada uma das questões alternativas excludentes de resposta para direcionar o “cálculo” do sistema, resultando na montagem gráfica e na modelagem tridimensional como um esboço (pré-projeto) dos espaços necessários para atender o conjunto familiar informado na entrada de dados do sistema. O número de alternativas de cada questão poderá ser aumentado de acordo com novas respostas colhidas em APO e realimentar o sistema.

Atendo-se ao universo das formulações objetivas, admite-se poder intervir de maneira mais sistemática e potencialmente efetiva por meio de padrões formais do espaço (ALEXANDER, 1964, p. 15-21).

Uma solução de projeto de arquitetura está vinculada diretamente ao suporte material, isto é, a uma localização geográfica definida. Isto porque as variáveis que condicionam a resolução do projeto modificam-se de acordo com o ambiente a qual estão submetidas.

A tecnologia é peça chave para o desenvolvimento da arquitetura. Nesse contexto, os sistemas computacionais vêm ampliando significativamente a abordagem de como é pensado o projeto arquitetônico. O Capítulo 6 aborda o Projeto e Desenho Arquitetônico Auxiliado por Computador (*CAADD*), e identifica linhas de pesquisa referentes ao tema.

O pensamento complexo nos processos de projeto de arquitetura, suportado pelas novas tecnologias de informação e comunicação, pode estimular a interatividade e a integração dos agentes envolvidos para além da organização de objetos, mas, sobretudo, estabelecer relações de significado entre os objetos, e até mesmo entre os sujeitos (ALMEIDA e PRATSCHKE, 2005).

As possibilidades de configurações de desenhos/modelagens espaciais poderiam ser visualizadas e manipuladas na tela do computador. O manejo das informações no sistema pode ser feito por aproximações sucessivas, fornecendo, interativamente, mais informações para a montagem do desenho. Para uma primeira aproximação do pré-projeto é necessário introduzir informações básicas no sistema, como por exemplo: coordenadas geográficas dos vértices do

polígono do lote (essa informação já determina a orientação do norte geográfico), curvas de nível, volumetrias adjacentes ao lote, aresta ou trecho do polígono que dá para a via pública, legislações e normas que incidem sobre o lote em questão, gabarito máximo da edificação e sistema construtivo.

A partir das informações de entrada, o sistema inicia o processo de montagem dos ambientes e da distribuição dos apartamentos seguindo as diretrizes estabelecidas no próprio sistema, as quais podem ser continuamente realimentadas. As diretrizes são regras de composição geométricas traduzidas para o meio computacional. Nesse momento o sistema já poderia apresentar uma primeira aproximação do desenho de pré-projeto, a qual é manipulável pelo operador arquiteto por meio do ponteiro do *mouse* e intervenções pelo teclado. Uma vez “desenhadas” as unidades (apartamentos), estas poderiam ser deslocadas dentro do lote para visualização de outros resultados, e a cada alteração de posicionamento o sistema geraria uma nova configuração espacial do complexo habitacional, e os ambientes seriam dimensionados novamente devido à alteração introduzida no cenário. O roteiro para desenvolvimento de um programa computacional com as características descritas é o tema do Capítulo 7.

A abordagem tridimensional do método investigado implica em desdobramentos complexos nas variáveis de referência na parametrização do desenho.

Com o objetivo de simplificar o “cálculo” da organização dos objetos volumétricos é proposto que estes sejam reduzidos a vetores que representaria restrições topológicas (vetor posição) e restrições dimensionais (vetor dimensão) no sistema.

Quando se visualizar no monitor a volumetria dos ambientes e/ou uma unidade habitacional (um apartamento), o sistema possibilitaria “puxar”, “esticar” ou diminuir os compartimentos ou conjunto de compartimentos até os limites estabelecidos pelas restrições impostas pelas regras geométricas formuladas e inseridas no sistema. Isso permitiria um controle paramétrico do modelo digital.

Pretende-se contribuir para o avanço das pesquisas destinadas a potencializar o trabalho do profissional vinculado à arquitetura, sobretudo no desenvolvimento de sistemas computacionais especializados em estudos de desenho de conjuntos

habitacionais. Minimizando o trabalho de construção de modelos representativos do espaço concebido, seria possível aplicar maior esforço na questão propriamente dita do projeto arquitetônico, sem deixar de observar que a expressão da linguagem arquitetônica também é matéria-prima para novas idéias.

A idéia é integrar uma base de dados de APOs aplicadas em conjuntos habitacionais com um sistema *CAADD*, permitindo que o projeto arquitetônico seja assistido simultaneamente por um sistema computacional especialista e um operador arquiteto que poderia interagir e validar os resultados apresentados sob a forma de maquetes eletrônicas.

A resposta do computador ao problema de projeto declarado pelo arquiteto seria proporcional e relativa ao nível de detalhamento da entrada de dados no sistema e também ao repertório do sistema.

Com a pré-alimentação de informação no sistema, o mesmo teria um "repertório", uma "experiência" para tratar o problema até certo nível de complexidade.

Por exemplo, se a entrada de informação fosse para gerar uma edificação habitacional multifamiliar, e somente essa informação fosse fornecida, o sistema geraria o modelo digital a partir de dados pré-definidos⁸ no sistema, isto é, existentes na "memória" do computador.

Considera-se improvável um computador atingir e reunir as capacidades humanas de cognição, intelecção e intuição necessárias ao desenvolvimento autônomo de um projeto arquitetônico.

O Arquiteto e Urbanista é o profissional habilitado e com a articulação necessária para melhor atender às questões de organização do espaço nas diferentes escalas das atividades humanas no ambiente natural e construído.

Essa capacidade pode ser largamente estendida explorando-se as potencialidades dos sistemas computacionais eletrônicos, de modo a ampliar a atuação do projetista de arquitetura. Contudo, há um limite, não exatamente

⁸ Ou dados *default*.

delimitado ou reconhecido, de possibilidades de automação de processos de projeto, cuja fronteira é a capacidade criativa na construção de um sistema simbólico.

1 O homem cria símbolos, o computador manipula símbolos

"Nossas ações são as melhores
interpretações de nossos pensamentos"
John Locke⁹

O registro material possibilita guardar signos¹⁰ que porventura tenham algum significado no contexto no universo intelectual humano. É a palavra e a fala que permitem a entrada nesse mundo humano (ARANHA e MARTINS, 1986, p. 11).

O estudo dos signos é atribuído à Semiótica, a ciência de toda e qualquer linguagem. "É no homem e pelo homem que se opera o processo de alteração dos sinais (qualquer estímulo emitido pelos objetos do mundo) em signos ou linguagens (produtos da consciência)" (SANTAELLA, 1990, p. 10-13).

"Se partimos da teoria dos signos, a diferença (básica) entre sinal e signo é que o primeiro pode ser qualquer forma gráfica, sonora, etc., sem que para tal incorra em uma possível construção de significado. Estaria esse destituído de mecanismos para a construção de significados. Por outro lado, o signo apresenta uma possibilidade de significação"¹¹.

Toda linguagem é um sistema de signos. O signo é algo que está no lugar de outro. Há diferentes tipos de signo (ver Quadro 1), os quais dependem do tipo de relação estabelecida entre signo e o objeto representado. Se a relação é de "semelhança", o signo é do tipo "ícone". Se a relação é de "causa e efeito", o signo é do tipo "índice". Se a relação é "arbitrária", o signo é do tipo "símbolo", que depende da aceitação social (ARANHA e MARTINS, 1986, p.12).

⁹ LOCKE, John. *Compendio del ensayo sobre el entendimiento humano*. Madri: Tecnos, 2002.

¹⁰ Segundo o dicionário Aurélio o termo signo é a "entidade constituída pela combinação de um conceito, denominado significado, e uma imagem acústica, denominada significante (a imagem acústica de um signo lingüístico não é a palavra falada – ou seja, o som material – mas a impressão psíquica deste som" (FERREIRA, 1995, p. 599).

¹¹ Disponível em: <http://br.groups.yahoo.com/group/pibrasil/message/5488> e <http://bocc.ubi.pt/pag/fidalgo-sinais-signos.html>, Acesso em 28/10/2008.

Quadro 1 – Tipos de signos

Tipo de signo	Tipo de Relação	Exemplo
Ícone	Semelhança	Palavra onomatopaica: tique-taque
Índice	Causa e efeito	Fumaça que remete a existência de fogo
Símbolo	Arbitrária	Palavras de uma língua

Fonte: ARANHA e MARTINS, 1986, p. 12;

Portanto, somente o homem seria capaz de estabelecer signos arbitrários, regidos por convenções sociais: os símbolos (ARANHA e MARTINS, 1986, 13; RUSSELL e NORVIG, 2004, p. 26).

Uma palavra e o som dessa palavra “re-presentam” ou tornam presentes na consciência o objeto a que se refere (ARANHA e MARINS, 1986, 11). A lembrança “constrói” no pensamento os significados e suas relações. Isso permite pensar no antes e no depois. É a experiência que direciona o projetar no futuro o que ainda não existe.

No critério de significação, o termo projetar está mais próximo do termo criar, pois pressupõe uma autoconsciência do agente¹². O termo compor remete à significação de harmonizar. Provavelmente o termo mais próximo à ação da máquina é encadear volumes e/ou espaços previamente caracterizados, segundo critérios adotados. Por isso utilizou-se o verbo “gerar” e não “projetar” no caso de um sistema computacional ser o agente de organização de objetos volumétricos.

Projetar envolve a manipulação de símbolos, e é um exemplo de solução de problemas abstratos (AKIN, 1986, p. 12 e 112).

Computar é processar informações de modo a serem analisadas, calculadas e/ou comparadas para posteriormente, caso necessário, serem devidamente armazenadas em algum formato de mídia. Um sistema computacional eletrônico, também conhecido por computador, é capaz de processar informações provenientes de outros sistemas, eletrônicos ou não, ou até mesmo informações inseridas por meio da intervenção direta de um operador humano, utilizando um dispositivo de entrada de dados.

¹² Agente é aquele que age, que faz (RUSSELL e NORVIG, 2004, p. 6); é aquele que opera; motor, propulsor, impulsor (FERREIRA, 1995, p. 22).

Partindo-se do princípio de que um sistema computacional não cria conceitos e idéias, mas possui uma função exclusivamente instrumental, confirma-se a atribuição criadora do ser humano. O computador tem a capacidade de realizar operações e comparações numéricas com altíssima velocidade, e responder a solicitações de modo linear, dentro da perspectiva na qual foi programada a seqüência de procedimentos (algoritmo). Por sua vez, tanto as linguagens de programação quanto a programação de computadores são construídas pelo próprio homem.

O homem detém a capacidade de fazer associações não lineares de idéias e conceitos apreendidos e treinados ao longo de sua experiência pessoal. Ao criar um poema, o homem articula conceitos em seu pensamento e escreve palavras estruturadas sintaticamente, e com significados semânticos¹³, interpretáveis por outro ser humano.

No caso de um sistema computacional, algoritmos poderão ser criados para organizar sintaticamente uma frase, possivelmente com algum rigor semântico, porém, o computador não terá consciência do significado simbólico daquilo que este mesmo agente construiu.

Investigações do uso do computador para além da representação gráfica poderiam sugerir métodos e estratégias que possam auxiliar a concepção de projetos arquitetônicos, por exemplo, no caso de habitações multifamiliares.

1.1 Arquitetura e informática

Os dispositivos eletrônicos formam a parte visível do computador, denominada *hardware* ou agrupamento de dispositivos eletrônicos. As regras de funcionamento que “orquestram” os dispositivos eletrônicos formam o *software* ou o programa de computador. O conjunto do *hardware* e do *software* forma um sistema computacional eletrônico.

Os programas de computador são divididos em níveis ou camadas de abstração da informação, as quais permitem diferentes possibilidades de controle do conjunto dos dispositivos eletrônicos.

¹³ Os dois pleonasmos foram propositais.

Os níveis ditos mais baixos se caracterizam por possuírem uma linguagem de intervenção no sistema a qual se aproxima de uma linguagem mais "compreensível" pela máquina (GIACAGLIA, 2005, p. 64), isto é, instruções de máquina específicas para um determinado tipo de equipamento, como por exemplo, a linguagem *Assembly*¹⁴.

Há diferentes padrões de organização dos dispositivos eletrônicos; esses padrões são denominados arquiteturas de computadores. As instruções de máquina variam conforme a arquitetura do sistema computacional (STALLINGS, 2003, p. 55-63).

Os níveis ditos mais altos de linguagem de computador se caracterizam por possuírem interação com o sistema computacional de modo a proporcionar linguagens mais inteligíveis para um operador humano. As instruções em linguagem de máquina, o sistema operacional, os *drivers* do sistema (programas de computador específicos para funcionamento de um dispositivo eletrônico), as linguagens de computador e os programas aplicativos são os programas de computador que permitem a interação com o homem.

As máquinas permitem potencializar a capacidade do trabalho humano, de modo que certos processos possam ser automatizados (ALEXANDER, 1964, p. 11).

Os computadores estão de tal maneira se integrando às atividades humanas, que a necessidade de sua utilização poderá se tornar irreversível, caso já não o seja em algumas áreas (PRATINI, 1999, p. 3)

O presente estudo aborda a possibilidade de desenvolvimento de aplicativo CAADD (ver capítulo 6 e 7) voltado a estudos de pré-projeto arquitetônico de conjuntos habitacionais de interesse social.

Os avanços tecnológicos têm permitido o aumento contínuo e crescente da capacidade dos computadores no processamento e armazenamento de informações. Esse significativo progresso leva a considerar possibilidades de se atingir uma "inteligência" computacional. Muitos filmes de ficção científica têm abordado o auto-controle da máquina.

¹⁴ Linguagem de computador de baixo nível, ou seja, distante da linguagem humana.

Um agente autômato é aquele que não possui raciocínio e não tem vontade própria. Um agente autônomo é aquele que goza da faculdade de governar a si mesmo (FERREIRA, 1995, p. 74).

Um agente inteligente¹⁵ é aquele que possui a capacidade de aprender. A Ciência tem demonstrado que máquinas podem ter comportamentos “inteligentes”, como por exemplo, tomarem decisões em um determinado contexto, estritamente delimitado e formalizado.

Dotado da capacidade de criação, o homem apresenta um alcance extraordinário, podendo reinventar e agir sobre a natureza que o circunda. O caminho para elucidar esse feito é compreender como a estrutura cerebral funciona.

O cérebro humano opera por meio de processos físico-químicos (eletricidade e reações químicas). Se for possível reproduzir a estrutura cerebral será que a "máquina" criada terá a capacidade de "pensar" como um ser humano pensa? Qual é o limite entre o que é considerado inteligência e um comportamento inteligente?

Tudo indica que o cérebro é o suporte material, no contexto da estrutura corporal humana, onde ocorrem os processos de inteligência, criatividade e intuição. Se a cada dez anos todas as células do corpo são substituídas – incluindo as células neuronais –, ou seja, o cérebro torna-se materialmente outro veículo de “processamento” de informações, como explicar a permanência da identidade e consciência única de cada pessoa humana?.

Foi anunciado que o processamento de um computador atingiu o nível de *petaflops*¹⁶, processamento considerado comparável ao cérebro humano, dando margem a especulações de a máquina ultrapassar a inteligência humana (VEJA, 2008, 41).

¹⁵ Inteligência: faculdade de aprender, apreender ou compreender; percepção, apreensão; intelecto, intelectualidade; qualidade ou capacidade de compreender e adaptar-se facilmente; capacidade, penetração, agudeza, perspicácia; maneira de entender ou interpretar; destreza mental; habilidade (FERREIRA, 1995, p.365)

¹⁶ A velocidade de 1 *petaflop* corresponde a velocidade de processamento de 1 quadrilhão de operação por segundo.

A construção de uma “inteligência” sintética é o objeto da disciplina denominada Inteligência Artificial. “Situa-se no cruzamento da cognição, das neurociências e da informática, buscando compreender o pensamento e o comportamento humanos, a fim de reproduzi-los artificialmente” (PESSIS-PASTERNAK, 1993, p. 194).

A inteligência artificial sistematiza e automatiza tarefas intelectuais e, portanto torna-se relevante em tarefas em que a atividade intelectual é necessária (RUSSELL e NORVIG, 2004, p. 3).

A utilização da Inteligência Artificial na Arquitetura e Urbanismo viveu um momento de euforia na década de 1980 (KALAY, 2004, p. XIV). Porém a aplicação desse conceito ainda é incipiente, especialmente em se tratando de sistemas *CAADD*.

Autores como Dreyfus e Feigenbaum contrapõem-se no debate polêmico da “inteligência” dos computadores. Edward Feigenbaum, inventor dos sistemas especialistas, aponta que o computador, a exemplo do cérebro humano, é um sistema de tratamento de informações; e isso levaria a um “senso comum”, o que seria a acumulação de conhecimentos ligados às atividades humanas, abrindo a possibilidade, segundo o autor, de algum dia os computadores atingirem ou mesmo superarem a inteligência humana. Por outro lado, Hubert Dreyfus defende que “os computadores jamais possuirão intuição o bastante para apreender a complexidade do mundo humano, pois não escaparão do seu enfoque mecanicista seqüencial” (PESSIS-PASTERNAK, 1993, p. 207-208).

Um sistema computacional eletrônico não é capaz de criar um poema, no sentido estrito, e sim gerar agrupamento de palavras. Possivelmente a teoria do conhecimento permitiria “construir” textos a partir de regras sintáticas, porém a habilidade semântica é própria da mente racional, capaz de abstrair idéias de modo incomparável a qualquer outro animal, e, também, às máquinas. É bem verdade que a máquina foi criada pela própria mente humana, porém segue padrões previsíveis e, em última análise, não seria capaz de “criar” uma nova idéia ou um novo conceito.

Desde seu advento os sistemas computacionais eletrônicos têm influenciado progressiva e continuamente as diversas áreas do conhecimento. Técnicas de projeto auxiliado por computador se tornam comuns em engenharia, construção e manufatura, o que refletiu também no campo da arquitetura e do urbanismo (MITCHELL, 1977, p. 18).

A fase de pré-projeto remete a uma abordagem preliminar a partir das informações reunidas e organizadas. O pré-projeto pode ser entendido como simulações de projeto, onde o cenário do contexto interfere diretamente em um possível resultado dimensionado.

O termo *CAADD (Computer Aided Architectural Design and Drafting)*, cujo significado é Projeto e Desenho Arquitetônico Auxiliado por Computador, é utilizado para definir a aplicação de sistemas computacionais na prática da arquitetura e do urbanismo.

Há diversas possibilidades da utilização de computadores nos domínios da arquitetura e do urbanismo, muitas das quais a serem ainda exploradas. Dentre as linhas de pesquisas enfatiza-se no presente trabalho a síntese ou a automação do pré-projeto utilizando computador, que é geração automática de uma representação arquitetônica em meio digital.

Partindo-se do pressuposto de que as diretrizes de legislações e normas, em conjunto com constatações de resultados de APOs funcionais, conduzem, de maneira lógica, a resultados adequados (supondo que a interpretação da lei e dos dados siga o sentido estrito e preciso das palavras), é razoável imaginar que um conjunto de sentenças argumentativas possam ser “calculadas” para se obter um resultado adequado para elucidar o problema.

A expressão “base de conhecimento” é utilizada no sentido de identificar uma reunião de informações em conjunto com regras de articulação e manipulação entre as mesmas informações, ou seja, entende-se que uma base de conhecimento seja mais do que uma base de dados (de informações), pois direcionaria a dedução de uma proposição a partir de pelo menos duas outras proposições. Na prática seria realizada uma entrada de dados (alimentação de informações) em um sistema qualquer para se obter respostas.

Para a elaboração de algoritmos capazes de manipular bases de conhecimento, e inferir considerações à respeito de um determinado problema exposto, são utilizados conceitos da lógica no código de programação. O processo de interpretação de uma regra (uma lei ou um polígono georreferenciado, por exemplo) decorre da precisão e da clareza da linguagem utilizada e do contexto em que esta se insere.

Cabe à hermenêutica corroborar o significado das idéias traduzidas em linguagem verbal escrita. De modo geral, o agente (no caso, um agente racional) que interpreta deve possuir a capacidade de compreender as partes de um todo para entender o conjunto da mensagem. Admitindo-se que deduções possam ser realizadas sem necessariamente se ter entendimento das proposições envolvidas no raciocínio (do ponto de vista humano) ou nos "cálculos" (do ponto de vista computacional), então seria possível a construção de um sistema computacional com comportamento especialista para automatizar tarefas que não requeiram interpretações de caráter semântico. Ou seja, situações nas quais é possível a aderência da Lógica Proposicional ao objeto de estudo.

O sistema é capaz de hierarquizar/priorizar, com pesos, as diferentes disciplinas de um projeto. Com isso a forma do projeto vai tender a ficar com o aspecto das condicionantes da disciplina de maior peso. Por exemplo, se for instalação hidráulica a tendência é concentrar e centralizar o máximo possível a distribuição de dutos para o abastecimento de água e coleta de esgoto para otimizar.

A complexidade de um problema é diretamente proporcional ao número de variáveis que este apresenta. Isto é, na medida em que se consegue prever ou, pelo menos, administrar a dinâmica dessas variáveis, "cerca-se" mais a solução do problema.

1.2 Motivação

A idéia de se investigar um sistema computacional especialista pode proporcionar um contínuo avanço em direção a resultados cada vez mais satisfatórios, do ponto de vista de automação de análise de grande volume de informações. O objetivo é antecipar considerações, ou mesmo, quando possível, conclusões de caráter estritamente dedutivo e oferecer elementos mais precisos e sistêmicos para a análise do técnico responsável.

No estudo de caso destacou-se a habitação social enfatizando os aspectos funcionais e ergonômicos incluídos nessa tipologia de edificação (ORNSTEIN e ROMÉRO, 2003). Para isso, analisou-se as diversas configurações de apartamentos, com seus respectivos ambientes internos (PEDRO, 2001), por meio de croquis desenhados na pesquisa COL. Identificou-se eventuais padrões e regras projetuais, visando montar um modelo matemático para composição de elementos volumétricos mais adequados à edificação habitacional e realimentação do sistema *CAADD*.

A qualidade espacial de um ambiente depende das relações volumétricas dos elementos componentes envolventes e das condições de acessibilidade e fluxos (IMAI, 2000, p. 174).

O desenvolvimento de sistemas especialistas de computação (RUSSELL e NORVIG, 2004, p.584) sobre o assunto específico da habitação social poderá contribuir para a diminuição do custo de produção do projeto pelo profissional projetista da edificação. Partindo-se da idéia de que é possível mensurar e controlar as diversas variáveis de projeto classificadas como “objetivas”, seria possível desenvolver sistemas especialistas de computação para auxiliar a montagem do desenho de novas habitações.

A partir de informações relevantes no contexto (ALEXANDER, 1964, p. 19), o conjunto de opções de projeto pode restringir-se consideravelmente. Decorrente disso um sistema especialista computacional interativo de projeto, com as características delineadas, seria viável tecnicamente para ser construído, sob a supervisão do arquiteto.

A escolha do tema se deu a partir de algumas constatações e experiências, as quais são citadas: (1) soluções projetuais repetidas de HS e, eventualmente, não contemplando o contexto local e as necessidades da população alvo; (2) contato com a realidade dos moradores de conjuntos habitacionais visitados na pesquisa COL; (3) verificação da tendência de utilização do computador para auxiliar análises de conteúdos estruturados em todas as áreas do conhecimento; (4) trabalho compartilhado e remoto do Arquiteto e Urbanista; (5) identificação de lacuna sobre o tema de automação de processos de pré-projeto na área de Arquitetura e Urbanismo no Brasil; (6) proximidade do autor da dissertação com

a área da computação; e (7) convivência do autor da dissertação com pessoas com dificuldade de locomoção.

2 A razão na criatividade: metodologia

"Sou o espaço onde estou"
"L'état d'ébauche", Noël Arnaud¹⁷

A aplicação de um método¹⁸ imprime um caráter sistemático ou até mesmo científico a uma ação. O discurso de proposição de uma metodologia¹⁹ evidencia a intenção de delinear um domínio para uma questão enunciada. Nesse sentido a declaração da existência de um método já seria uma possível resposta a um problema proposto.

Os métodos – ou mais genericamente, a metodologia – estabelecem, cada qual, uma trajetória a ser seguida para se atingir um objetivo ou uma meta previamente identificados. Muito provavelmente o resultado estará intrinsecamente influenciado pelas definições de critérios e condições de contorno do método adotado.

Um dos argumentos contra a utilização de métodos é a suposta limitação da criatividade do autor, o qual estaria atuando em uma menor quantidade de combinações possíveis dentro do seu repertório de informações.

Há um limite tênue entre o método facilitar ou viabilizar resultados e o mesmo método tornar-se uma "camisa-de-força", dificultando o pleno uso da criatividade (SERRA, 2006, p. 61).

A tentativa de se enquadrar em uma "maneira de fazer" pode levar a um "método processual simplificador e linear" (ALMEIDA, 2006, prefácio), podendo tornar o modelo proposto irrelevante.

Nos campos da Arquitetura e do Urbanismo esse debate tem especial destaque, considerando que são contemplados os conceitos da arte e da técnica em conjunto. Particularmente nesse contexto é desejável que a arte e a técnica se

¹⁷ Retirado de BACHELARD, Gaston. *A Poética do Espaço*. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

¹⁸ O termo método significa: "caminho pelo qual se atinge um objetivo; programa que regula previamente uma série de operações que se devem realizar, apontando erros evitáveis, em vista de um resultado determinado" (FERREIRA, 1995, p. 431).

¹⁹ O termo metodologia significa estudo dos métodos (FERREIRA, 1995, p. 431).

harmonizem de modo a oferecer produtos adequados e avaliados de forma positiva pelos usuários finais.

Quando o tema é a Arte, associa-se de modo quase que instantâneo a habilidade da criatividade, mas também pode-se encontrar muito de Ciência nas produções artísticas. Por sua vez, a técnica é envolvida pelos saberes da Ciência, a qual – a Ciência – em inúmeros aspectos é servida da criatividade para a obtenção e o encaminhamento de soluções.

Nessa perspectiva considera-se que o profissional arquiteto urbanista reúne características simultâneas de “cientista” e de “artista” (SERRA, 2006, p. 60).

Como visto no capítulo anterior, um sistema computacional, dentro do atual paradigma da tecnologia, tem a possibilidade de manipular representações da realidade (AKIN, 1986, p. 2). Como a criação requer a criatividade, então acredita-se que o computador no máximo poderia “imitar” um comportamento criativo, bem como “imitar” um comportamento inteligente, baseado em uma metodologia qualquer, esta também criada pelo homem.

O estudo dos processos criativos poderia potencializar e/ou canalizar a criatividade humana, além de proporcionar modelos que simulem a criatividade. Para isso é preciso investigar o “sistema” onde acontecem os processos criativos: as operações mentais.

O pensamento do homem, ou mais precisamente o cérebro humano, é considerado a estrutura mais complexa conhecida. As metáforas de comparação do cérebro humano alternaram-se entre: máquina hidrodinâmica, relógio, motor a vapor, central telefônica, e, recentemente, tem sido comparado a um computador. Parece que a comparação é voltada à tecnologia mais avançada em um momento histórico, porém não tem resistido às contínuas novas descobertas sobre a complexidade cerebral (VEJA, setembro/2008, p. 75).

Devido à dificuldade de compreensão do funcionamento do cérebro humano, é preciso penetrar, o quanto possível, no “misterioso mecanismo” – o qual poderia ser classificado também como um “sistema” (ZINGALES, 1978, p. 2) – para “reproduzi-lo” em outros sistemas artificiais.

As incursões no “território desconhecido” do imaginário podem ser tão insondáveis quanto ricas de informações. É a capacidade de estabelecer relações e associações que tornam a mente humana com possibilidades quase infindáveis de criações simbólicas. São as combinações casuais que podem ser entendidas como manifestações criativas (ZINGALES, 1978, p. 3).

Os processos criativos não anulam a racionalidade, pelo contrário, possibilitam engendrar alternativas circunstanciais e inovadoras. Por sua vez, a racionalidade ordena e promove a execução do que foi imaginado no pensamento criativo.

A falta de um objetivo definido, ou ao menos a falta de clareza e de precisão na formulação de um problema para se chegar a uma solução, pode ser suprimida pela própria criação do objetivo (ZINGALES, 1978, p. 2). Ou seja, o estabelecimento de um objetivo pode tornar-se um “norte” orientador da solução do problema. Para a resolução de uma questão cria-se uma estratégia utilizando-se a criatividade e estabelecendo-a de modo racional: um método.

A velocidade das informações na avaliação de desempenho de edificações e, particularmente, na APO, está sujeita ao tempo do projeto, da construção, do uso e da medição da satisfação do usuário em relação à unidade habitacional e os subsistemas que a compõem.

A avaliação da unidade habitacional pré-projetada em escala um para um poderia ser verificada em pelo menos de duas maneiras: a exposição a um *mock-up*²⁰ ou uma imersão em espaço virtual.

Não basta apenas o dimensionamento individual de um elemento que compõe a habitação, mas é necessário aplicar parâmetros ótimos de dimensionamento do arranjo espacial dos componentes que formam e se articulam em um ambiente da habitação. Ou seja, extrapolam-se as dimensões de um objeto volumétrico, pois a avaliação do ambiente pós-ocupado se dá na percepção do conjunto dos objetos volumétricos “funcionando” integralmente. Não basta o dimensionamento ótimo da pia da cozinha isoladamente, e sim o contexto das relações espaciais dos objetos volumétricos integrantes do ambiente cozinha.

²⁰ Maquete em tamanho natural.

Há percepções que somente a imersão na realidade permite serem captadas (ORNSTEIN e ROMÉRO, 1992, p. 60). É ao utilizar o lavatório, por exemplo, lavando-se as mãos e o rosto que o usuário percebe se estão adequadas a altura da bancada do lavatório, a posição do bocal de saída de água da torneira em relação à cuba para permitir esfregar as mãos, a distância do corpo humano à cuba do lavatório, entre outras relações. Apesar de tais “detalhes” terem complementaridade e intersecção com a área de estudos de Desenho Industrial, estes influenciam a utilização e a qualidade do ambiente como um todo.

Além disso, a percepção do morar é dinâmica ao longo das horas do dia, das estações do ano, da faixa etária do observador, de suas atividades e comportamentos. O produto habitação prevê critérios específicos para a análise de desempenho e considera também o fator “transcorrer do tempo” para a coleta dos dados. É por esse motivo que a aplicação APO ao objeto investigado é programada ao longo de um período de tempo, o qual varia de acordo com o que se pretende aferir. Muitas características são detectadas somente após a ocupação e o uso da edificação, transcorrido um período de no mínimo doze meses, quando condições de vivência no bairro, no edifício, funcionais e de conforto ambiental já podem ser bem apreendidas pelo usuário.

Entende-se que o produto da arquitetura é consequência de metodologias, mesmo que empíricas. A construção de uma metodologia é também fruto da criatividade. Por esse motivo afirma-se que a arquitetura não é acaso, nem ao acaso; é intenção. A arquitetura é decisão; é tomada de decisão. Assim sendo, a escolha de uma alternativa projetual tem consequências e desdobramentos determinantes no conjunto arquitetônico projetado ou construído.

Dividiu-se o presente capítulo em: (1) método da pesquisa acadêmica, (2) metodologia de projeto arquitetônico e (3) método de desenvolvimento de um programa computacional *CAADD*. Optou-se por essa organização para evidenciar as diferentes abordagens metodológicas envolvidas na pesquisa acadêmica.

A pesquisa acadêmica ora apresentada foi esboçada desde o plano de pesquisa inicial, no qual a idéia de desenvolvimento de um programa computacional, com entrada de dados de Avaliações Pós-Ocupação de conjuntos habitacionais, de cunho social, para geração de modelos digitais foi progressivamente sendo

delineada. Procurou-se abranger e referenciar, o quanto possível, a literatura técnica pertinente ao tema da Arquitetura e Urbanismo para auxiliar seu projeto e desenho, aplicando conceitos provenientes das Ciências da Computação, sobretudo estudos voltados à automação da síntese espacial (*automated spatial synthesis*) e geração de projetos (*generative design*)²¹. O vínculo com o grupo de pesquisas “Comunidades *Online*” (COL; identificado a seguir) permitiu a coleta e o compartilhamento de dados primários utilizados na pesquisa.

Para se admitir a geração automática²² – até certo ponto – de projeto e desenho arquitetônico, convém basear-se em metodologias que pretendam cobrir o domínio de uma questão enunciada. A utilização de metodologias para desenvolvimento de projetos arquitetônicos é uma discussão abrangente e existe desde as primeiras práticas de registros de informações anteriores à construção de objetos arquitetônicos (CELANI, GIACAGLIA e KOWALTOWSKI, 2003, p. 67). Apontam-se dois extremos nesse debate, os quais deveriam ser evitados: projetar seguindo processos criativos de modo arbitrário e projetar seguindo metodologias de modo acrítico. São comentados conceitos de metodologias de desenvolvimento do projeto arquitetônico que poderiam ser aplicáveis ao roteiro de programa computacional.

Uma metodologia de desenvolvimento de um programa computacional do tipo *CAADD* presume a escolha de uma metodologia de projeto arquitetônico, relacionada a informações e dados colhidos, organizados e voltados a uma temática específica.

²¹ Expressões como “*synthesis of form*” (ALEXANDER, 1964, p. 84), “*spatial synthesis*” (EASTMAN, 1975, p. 1), “*automated spatial synthesis*” (MITCHELL, 1977, p. 425), “sistema gerativo analítico” (CELANI, 2003, p. 130) e “*synthesis design solutions*” (KALAY, 2004, p. 199) definem a linha de pesquisa adotada. Eventuais traduções dos termos quando feitas pelo autor da dissertação são indicadas em notas.

²² O mais preciso seria geração semi-automática, pois há a atuação do Arquiteto quando o nível de complexidade não for tratável no sistema computacional.

2.1 Método da pesquisa acadêmica

O presente estudo inseriu-se na pesquisa “Comunidades *Online* – Domesticidade e sociabilidade em políticas públicas para inclusão digital” (COL), a qual foi um trabalho acadêmico conjunto dos seguintes grupos de pesquisa: NOMADS-USP (Núcleo de Estudos de Habitares Interativos da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo), NUTAU-USP (Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo) e LSI-USP (Laboratório de Sistemas Integrados da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo)²³.

O objetivo da pesquisa COL foi identificar eventuais diretrizes para a elaboração de políticas públicas para a inclusão digital e apresentar reflexões sobre os ambientes domésticos contemporâneos, enfatizando a utilização de equipamentos de tecnologia de informação e comunicação (TICs).

O grupo multidisciplinar contou com a participação de pesquisadores ligados às áreas de Arquitetura e Urbanismo, Ciência da Computação e Engenharia Elétrica.

Em uma de suas ações a pesquisa COL realizou a Avaliação Pós-Ocupação (APO) em um setor dentre os conjuntos habitacionais do distrito Cidade Tiradentes. Foram aplicados a um conjunto de moradores de edifícios de apartamentos questionários para medir satisfação em relação ao apartamento, ao edifício e ao bairro, bem como foram feitos croquis de plantas baixas dos apartamentos visitados. Montou-se um banco de dados com os 288 questionários respondidos para análise dos dados (TRAMONTANO, 2006).

Dos dados selecionados e organizados²⁴ procurou-se geometrizar, quando possível, parâmetros dimensionais a serem utilizados como referências na modelagem semi-automática de ambientes da habitação.

A expressão “semi-automática” sugere uma integração maior do homem e do computador na produção de pré-projetos de edificações habitacionais, em que o homem participa de tomadas de decisão para criar adaptações espaciais e o

²³ Sob a coordenação dos professores Marcelo Claudio Tramontano (EESC-USP/São Carlos), Sheila Walbe Ornstein (FAUUSP) e Marcelo Knörich Zuffo, respectivamente (EPUSP).

²⁴ Média do número de moradores; composição familiar com maior incidência; satisfação quanto ao apartamento; satisfação quanto ao conforto do apartamento; satisfação quanto ao tamanho dos ambientes; satisfação quanto a adequação dos ambientes.

computador participa de tomadas de decisão²⁵ para gerar adaptações espaciais. É variável o quanto cada um desses agentes participa do processo; de modo geral, quanto maior a complexidade, maior será a intervenção humana.

A partir da APO aplicada em condomínios do distrito Cidade Tiradentes procurou-se estender o alcance do significado dos dados objetivos colhidos e apontar, quando necessário, novas indagações e/ou possibilidades de medições que contribuam com o aprimoramento de referenciais funcionais a serem utilizados no programa computacional *CAADD*. Isso porque as informações colhidas não estavam, até então, direcionadas e ajustadas a atenderem as variáveis específicas dos dimensionamentos, ou seja, indagou-se sobre a satisfação quanto ao tamanho de um ambiente e não quanto precisaria ser alterada a sua dimensão para elevar a qualidade. Obviamente não se pretende que o usuário informe, com precisão, uma dimensão de ambiente que melhor se adéque às suas necessidades – em futuras APOs funcionais –, porém, pretende-se aproximar de dados mais objetivos, o quanto possível, para melhor quantificar as dimensões. Portanto, apesar de os dados colhidos não aderirem, em nível de detalhe, ao modelo de sistema proposto, foram considerados como referência para o sistema.

Em se tratando de conforto na habitação, tem-se as características ambientais que influenciam diretamente a fisiologia humana. Pode-se chamar de variáveis objetivas aquelas referentes aos aspectos espaciais, higrotérmicos, lumínicos, acústicos, ergonômicos, entre outras. Variáveis indiretas são aquelas que podem ser classificadas como subjetivas, ou seja, com maior complexidade para serem caracterizadas de modo a ser controlada. Dentre essas “variáveis subjetivas” destacamos a estética, que implicaria também no conforto “psicológico”. Das variáveis entendidas como “objetivas” focou-se nos dados de APO funcional na caracterização do objeto da pesquisa.

A APO funcional prioriza as constatações pertinentes à funcionalidade das adaptações espaciais resultantes em uma edificação construída e ocupada.

²⁵ A tomada de decisão do computador perante a composição de geometrias está sujeita ao acúmulo de informações de resultados de APO, de legislações e normas, e de pesos estabelecidos como prioridade.

Dos croquis desenhados verificou-se padrões de arranjos do mobiliário com maior incidência nos ambientes sala e cozinha, segundo a tipologia de apartamento analisada (ver Capítulo 5).

2.2 Metodologia de projeto arquitetônico

Entre várias alternativas, é preciso verificar qual seria o melhor projeto arquitetônico em um determinado contexto. De modo geral, é aquele que mais e melhor atende às necessidades estabelecidas. Para atingir essa meta em prazo, custo e nível de qualidade adequados, é preciso dispor de uma equipe multidisciplinar, trabalhando de modo coordenado, ou deter conhecimentos suficientes para atender as abrangentes demandas e complexidades envolvidas em um projeto arquitetônico. Na ausência dessas condições, os sistemas baseados em conhecimento (*knowledge-based systems - KBS*)²⁶ tornam-se uma ferramenta útil, inclusive para a geometrização das alternativas espaço-funcionais.

Como citado anteriormente, a investigação e a definição de um método de abordagem do problema espacial²⁷ podem ser a própria solução de projeto arquitetônico.

[...] “as metodologias de projeto nasceram da esperança de tirar a arbitrariedade das atividades criativas, além de apoiar o projetista na busca da solução de problemas cada vez mais complexos. As pesquisas de metodologia de projeto tiveram o seu início nos anos 50, quando vários fenômenos pressionaram a comunidade de arquitetos na procura de teorias e metodologias aplicáveis às atividades de projeto [...] os conhecimentos de pesquisa operacional, cibernética, ergonomia, engenharia de sistemas e outras áreas de matemática aplicada, bem como o uso do computador estavam disponíveis e pressionaram pesquisadores na busca da resolução das falhas da arquitetura moderna. A primeira geração de metodologias de projeto concentrou a sua atenção na identificação, aplicação e adaptação de técnicas quantitativas na

²⁶ “Sistemas de apoio à decisão” é uma classe de “sistemas de informação” ou “sistemas baseados em conhecimento”. Refere-se simplesmente a um modelo genérico de tomada de decisão que analisa um grande número de variáveis para que seja possível o posicionamento a uma determinada questão. Decisão é uma escolha entre as alternativas existentes por meio de estimativas dos pesos destas alternativas. Apoio à decisão significa auxiliar nesta escolha gerando estas estimativas, a evolução ou comparação e escolha (RUSSELL e NORVIG, 2004, p. 593-599).

²⁷ A expressão “problema espacial” (“*problem space*”) é citada por Tom Heath (1984, p. 24)

solução de problemas em projeto. Estes métodos eram vistos como auxílios para suplementar a intuição e racionalizar o caminho na geração da forma. As linguagens de análise de sistemas, da pesquisa operacional e do computador foram usadas para programar e analisar o problema arquitetônico de uma maneira linear” [...] (KOWALTOWSKI, 1992, p. 52).

A fase de pré-projeto corresponde a todos os processos que geram informações para se iniciar um projeto, entre os quais cita-se: viabilidade econômica, escolha do lote adequado, programa de necessidades, diagramas, fluxos, croquis e perspectivas (HERSHBERGER, 1999).

No Brasil a fase de pré-projeto é ainda incipiente em termos de sua valorização pelos próprios arquitetos e seus clientes, diferentemente dos países desenvolvidos nos quais é largamente utilizada, absorvendo significativa atenção dos especialistas (FRANÇA, 2006, p. 44).

A formulação do Programa de Necessidades de um novo empreendimento constitui um dos “aspectos críticos do processo de projeto e deve se desenvolver dialeticamente com as investigações projetuais” (FABRÍCIO, 2007, p. 35).

O projeto de unidades habitacionais sociais requer tratamento voltado principalmente à otimização de áreas dos compartimentos e da racionalização da construção.

O arquiteto concebe o projeto a partir do seu repertório e de sua capacidade de estabelecer relações. Um sistema computacional para geração de projeto de unidades habitacionais segue regras previamente definidas.

Como começar a solucionar um projeto é uma questão primordial ao arquiteto. Contextualizá-lo adequadamente é a alternativa segura de se obter sucesso no empreendimento. Um contexto de situação de projeto define um problema a ser resolvido e a proposição de uma forma arquitetônica é uma resposta ao problema apresentado (ALEXANDER, 1964, p. 15). Ao fixar um contexto, os esforços de projeto para se encontrar uma forma ótima são facilitados (ALEXANDER, 1964, p. 19).

Entende-se por objetos volumétricos todos os elementos de um ambiente construído, a saber: o mobiliário (incluindo peças sanitárias) e a edificação em si com alvenaria, pilares e vigas.

O produto da arquitetura é a materialização do projeto. Ocupando lugar no espaço, os objetos volumétricos possuem atributos dimensionais, os quais são (ou pelo menos deveriam ser) intencionais do projetista.

As informações levantadas tanto das APOs como da legislação são insumos para o arquiteto urbanista propor novos projetos.

A seguir é mostrada a planta de uma unidade habitacional (sem escala) de um tipo de apartamento da pesquisa COL. Cada unidade possui 36m² de área útil. É um exemplo de resultado de aplicação de uma metodologia de projeto arquitetônico.

Figura 1 – Exemplo de tipo de apartamento de condomínio construído pela COHAB

Fonte: TRAMONTANO, 2006

Como mostrado na Figura 1, o conjunto dos ambientes está inserido em um retângulo em planta para cada unidade habitacional (no caso são duas unidades habitacionais), o que diminui a área de fachada, e conseqüentemente o custo de construção das unidades. A cor cinza indica uma unidade habitacional. A

implantação em “H” possibilita luz natural e ventilação em todos os ambientes, porém não contempla necessariamente o que seria a melhor orientação solar para a unidade habitacional.

Na Figura 2 é mostrado um exemplo de bloco de edificação de um condomínio, encontrada no local da pesquisa COL (são mostrados 4 unidades habitacionais).

Figura 2 – Exemplo de bloco de apartamentos da COHAB em configuração de “H”
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

A seguir, tem-se um esquema da topologia²⁸ das relações entre ambientes do apartamento (ver Figura 3). Pode-se notar que o acesso ao apartamento se dá por meio do ambiente sala, e que para se chegar ao ambiente área de serviço deve-se passar pelos ambientes sala, cozinha, circulação e, finalmente, a área de serviço.

²⁸ Topologia (do grego *topos*, lugar, e *logos*, estudo) é o ramo da matemática que estuda os espaços topológicos, sendo considerado uma extensão da geometria.

Figura 3 – Topologia da organização dos ambientes da unidade habitacional da Figura 2

Fonte: Autor da dissertação

A teoria dos grafos²⁹ pode ser aplicada na organização topológica de um programa de necessidades, por exemplo, na análise da disposição e no acesso entre ambientes de uma habitação (AMORIM, 1997, p. 18.4).

Para a composição do arranjo físico considerou-se o mobiliário indicado pela Caixa Econômica Federal (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2002, p. 26).

A legenda do Quadro 2 apresenta uma classificação possível para a relação entre dois ambientes e o mobiliário correspondente: o primeiro item indica um “intenso” fluxo entre dois ambientes; o segundo indica um “médio” fluxo; o terceiro item indica “pouco” fluxo; o quarto item indica “nenhum” fluxo e o quinto item indica que o fluxo é “indesejável”. No Quadro 2 pode-se observar outra classificação, a qual dependerá do enfoque que se queira.

²⁹ A Teoria dos Grafos é o ramo da matemática que estuda as propriedades de grafos. Um grafo é um conjunto de pontos, denominados vértices (ou nodos ou nós), conectados por linhas, denominadas de arestas. Os grafos são geralmente representados graficamente da seguinte maneira: é desenhado um círculo para cada vértice, e para cada aresta é desenhado um arco conectando suas extremidades. É também considerado um dos primeiros resultados topológicos na geometria; isto é, não dependente de quaisquer medidas (POOLE, 2004, p. 210).

Quadro 2 – Análise de relações entre ambientes da habitação e mobiliário correspondente.

[illegible]

Fonte: Autor da dissertação

A concepção do projeto arquitetônico não se encerra em regras e definições estabelecidas. Mesmo que se reutilizem soluções projetuais já testadas e aperfeiçoadas, esse trabalho está sujeito a criatividade do arquiteto que a princípio não tem limite de idéias novas.

Na metodologia, os padrões de habitabilidade (espaço habitacional socialmente adequado) existentes, na literatura especializada, são confrontados com APOs periódicas de conjuntos habitacionais, e, no caso, utiliza-se o levantamento de campo do COL.

A crítica à adoção de metodologias de projeto é pertinente no sentido de estreitar as possibilidades de ensaios mentais de desenho, anteriores à expressão do desenho propriamente dito, e, portanto, estabelece um grau de limitação de idéias associativas.

Por outro lado, a não existência de um método desvincula o tratamento do problema espacial de referenciais teóricos e práticos. Porém, é possível isenção de conceitos arquitetônicos conhecidos e que fazem parte do repertório do autor ao se projetar?

Ao observar uma abordagem dos processos da prática arquitetônica e suas estratégias de resolução de problemas, pode-se estabelecer um processo de projeto para atender determinado contexto de edificação. Tal processo subsidia ou mesmo direciona a ação criativa do arquiteto a ponto de tornar-se uma metodologia de trabalho.

Por sua vez, "um problema arquitetônico bem demarcado é um problema solucionado"³⁰ (BAHNHAM, 1965 *apud* HEATH, 1984, p. 15). A afirmação sugere que o encaminhamento da solução de um problema arquitetônico, por exemplo, uma questão funcional, é resolvida no reconhecimento e definição do próprio problema.

³⁰ Tradução do autor. Texto original: "*A problem well stated is a problem solved*".

2.3 Método de desenvolvimento de um programa computacional CAADD

Ao longo do percurso do desenvolvimento da computação gráfica e do projeto auxiliado pelo computador (*CAD*), as diversas áreas do conhecimento foram sendo influenciadas e também influenciaram o aprimoramento dos sistemas computacionais. Na área de Arquitetura e Urbanismo também se pôde notar essa tendência. As possibilidades emergentes despertaram grande interesse por parte dos profissionais e acadêmicos envolvidos com a arquitetura: ensaios de desenhos de arquitetura foram feitos em ambiente computacional e alcançaram resultados significativos.

Houve entendimentos equivocados das expressões *Computer Aided Design* (Projeto Auxiliado por Computador) e *Computer Aided Drafting* (Desenho Auxiliado por Computador; ver definições no capítulo 6). O primeiro está voltado ao desenvolvimento de programas computacionais de auxílio aos processos de projeto, o segundo está voltado a programas de desenho vetorial em computador, com uso praticamente restrito à representação técnica do edifício (CELANI, GIACAGLIA e KOWALTOWSKI, 2003, p. 67).

Até o presente momento, o auxílio do computador como ferramenta de trabalho é visível em praticamente todas as áreas do conhecimento. Muitos processos produtivos são reformulados e orientados para se adaptarem ao auxílio da máquina. Deixando de lado a postura utópica, na qual um sistema computacional poderia criar novas situações e idéias, à semelhança do intelecto humano (PESSIS-PASTERNAK, 1993, p. 207-208), o mesmo poderia ser potencializado por meio de um maior domínio sobre essas ferramentas de trabalho (ALEXANDER, 1964, p. 11).

Uma ferramenta computacional nesse cenário teria a habilidade de fazer comparações e combinações entre elementos geométricos, de maneira muito eficiente, e apresentar alternativas para a tomada de decisão do projetista (BARKI, 2000, p. 177; RUSSELL e NORVIG, 2004, p. 585).

A representação gráfica digital (ver Capítulo 6) é um meio de investigação de desenho, como os croquis, os quais pretendem reproduzir imagens mentais (TEIXEIRA, 2004). A utilização do computador pode oferecer maior rapidez na produção de desenhos e com maior versatilidade no estudo das possibilidades de

acoplamentos dos componentes do sistema construtivo (ROMANO, 1986, p. 158). Pode-se entender o desenho como estruturador do pensamento arquitetônico, com procedimentos de análise não lineares, isto é, as associações de idéias conferem soluções projetuais criativas, por assim dizer. A computação viria estabelecer uma nova ordem, ou pelo menos acrescentar nova abordagem no universo da criação arquitetônica (RIGHETTO, 2005).

Para se implementar uma metodologia de projeto arquitetônico, no caso metodologia de pré-projeto arquitetônico em um sistema computacional eletrônico, é preciso definir – formalizar³¹ – seu conteúdo em dados de entrada, regras e procedimentos a serem codificados em algoritmos compreensíveis pelo computador que irá processá-los (ver Capítulo 7).

Optou-se pelo termo “roteiro” para situar a contribuição dessa pesquisa no plano investigativo e provável de construção de um programa computacional com as características que estão sendo descritas.

Uma estratégia projetual para viabilizar a composição de elementos arquitetônicos por um sistema computacional é definir uma seqüência linear de tarefas que o mesmo possa executar. Em linguagem computacional tal definição formal é chamada de algoritmo³².

Um sistema computacional é fundamentado em cálculos matemáticos e na comparação de valores. A representação gráfica apresentada em monitores de vídeo, impressoras ou qualquer outro dispositivo de saída de informações, está sujeita às instruções³³ de cálculo que ocorrem nos componentes eletrônicos (*hardware*) comandados por procedimentos formalizados em um algoritmo de programa de computador (*software*) para executar precisa e seqüencialmente as regras codificadas.

³¹ Segundo o dicionário Aurélio, “formalizar” significa: dar forma a; formar; realizar segundo as fórmulas ou formalidades; executar conforme as regras ou cláusulas. E “formar” significa: dar forma a; ter a forma de; assemelhar-se; constituir; compor; pôr em ordem, em linha (FERREIRA, 1995, p. 304).

³² Processo de cálculo, ou de resolução de um grupo de problemas semelhantes, em que se estipulam, com generalidades e sem restrições, regras formais para a obtenção do resultado, ou da solução do problema (FERREIRA, 1995, p. 30).

³³ As instruções de um *hardware* são definidas pelo fabricante do sistema computacional.

Apesar das possibilidades de processamento computacional em modo paralelo, oferecidas pela tecnologia disponível, a modelagem³⁴ geométrica digital tridimensional, no contexto de um programa computacional *CAADD*, requer um controle da evolução das relações espaciais entre os objetos volumétricos. Pois, se os ambientes da habitação são modelados de maneira independente (possivelmente em processamento paralelo), será necessária uma acomodação dos agrupamentos volumétricos gerados, o que pode solicitar uma maior intervenção do arquiteto operador por causa da complexidade resultante. Portanto, seguir uma “linha” de “raciocínio artificial” converge para o estabelecimento de uma metodologia de geração de pré-projetos, de modo linear (seqüencial).

Para viabilizar a manipulação e o armazenamento dos elementos geométricos representativos de elementos arquitetônicos, por meio de um sistema computacional, pode-se utilizar conceitos matemáticos de geometria descritiva e espacial, traduzidos em geometria analítica, a fim de buscar o estabelecimento de uma linguagem comum entre o pensamento abstrato humano da forma geométrica e capacidade da máquina computadorizada em reconhecer e manipular equações geométricas (ver Capítulo 5).

Os programas de computação gráfica são baseados em geometrias para construir uma imagem, seja vetorial ou matricial, em um dispositivo de saída de informação.

³⁴ Utiliza-se o termo “modelagem” para comunicar os seguintes significados: operação de modelar, dar forma, assinalar contornos, conformar, delinear, traçar (FERREIRA, 1995, p. 437).

Classifica-se como sendo um sistema especialista³⁵ o programa computacional que atua em um domínio específico, que oferece interatividade com um operador humano e que tenha a capacidade de tomar decisões.

O programa computacional proposto sob a forma de “especificação de sistema” (ver capítulo 7) está voltado e direcionado a tornar-se um sistema especialista, porém a complexidade do tema de organização espacial da arquitetura desafia a construção desse sistema.

Por definição e em sentido exato, sistema especialista é aquele que é concebido para reproduzir o comportamento de um especialista humano, dentro de um domínio de problema altamente restrito e que possa “resolver” as novas situações a que é exposto (BITTENCOURT, 2001, p. 253; RUSSELL e NORVIG, 2004, p. 24).

Entende-se por especificação de requisitos de um sistema de informação computacional a linguagem simbólica que aproxima e torna precisa o mais possível a comunicação entre o idealizador do sistema, o desenvolvedor do programa computacional e o cliente contratante.

Chama-se por “camada de manipulação de dados” a abstração das representações digitais em símbolos, com significados específicos. Em relação ao tema de base de dados de computação eletrônica, pode-se classificar em pelo menos seis diferentes camadas de abstração³⁶ (ver Quadro 3)

³⁵ Um Sistema Especialista (*expert system*) é aquele que é projetado e desenvolvido para atender a uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano. É capaz de emitir uma decisão, apoiado em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações, tal qual um especialista de determinada área do conhecimento humano. Para tomar uma decisão sobre um determinado assunto, um especialista o faz a partir de fatos que encontra e de hipóteses que formula, buscando em sua memória um conhecimento prévio armazenado durante anos, no período de sua formação e no decorrer de sua vida profissional, sobre esses fatos e hipóteses. E o faz de acordo com a sua experiência, isto é, com o seu conhecimento acumulado sobre o assunto e, com esses fatos e hipóteses, emite a decisão. Um Sistema Especialista deve, além de inferir conclusões, ter capacidade de aprender novos conhecimentos e, desse modo, melhorar o seu desempenho de “raciocínio” e a qualidade de suas decisões (<http://www.din.uem.br/ia/especialistas> visitado em 20/11/2008)

³⁶ Adaptado de anotações e croquis do Prof. Dr. Marcelo Eduardo Giacaglia em reunião ocorrida em 10/07/2008.

Quadro 3 – Camadas de abstração de representação de dados

	Abordagem metodológica	Referência
1	Linguagem de máquina	MANZANO, 2004
2	<i>File system</i>	FURTADO e SANTOS, 1985
3	Base de dados hierárquicos, ou de rede ou relacional	SILBERSCHATZ, KORTH e SUDARSHAN, 1999; DATE, 1986
4	Entidade-Relacionamento (<i>ER</i>)	SETZER e SILVA, 2005
5	<i>Unified Modeling Language (UML)</i>	MELO, 2004
6	<i>Object-Role Model (ORM)</i>	EMBLEY, 1999; HALPIN, 2008

Fonte: Indicado na coluna “Referência” do próprio quadro.

A abstração em camadas permite a leitura de especificações de programa computacional por pessoas não-técnicas.

Optou-se por apresentar a especificação do programa computacional *CAADD* (ver Capítulo 7) em *UML* e *ORM* para tornar mais preciso e facilitar o entendimento por técnicos de Ciências da Computação.

Uma idéia de um algoritmo que execute tais operações seria compreender como o arquiteto urbanista projeta essa tipologia de edificação, no caso habitações sociais multifamiliares, e definir uma seqüência linear que possa ser executada pelo computador.

Obviamente não se está afirmando que um sistema computacional substituirá um projetista humano, apenas estão sendo sinalizadas maiores possibilidades de interação com máquinas computacionais no momento da concepção do projeto (KAPP e SANTOS, 2007, p. 796).

Entende-se que possam ser automatizadas algumas situações de produção do projeto que não incorram na faculdade da criatividade, virtude até então encontrada somente no gênero humano (ARANHA e MARTINS, 1986, p. 376; SOUZA, 2001, p. 5).

Comparando a grosso modo a um programa computacional de jogo de xadrez, tem-se o tabuleiro e as regras do jogo para serem montadas, em número finito, as jogadas possíveis. Nesse cenário, além das possibilidades de jogadas inseridas no sistema, o algoritmo e sua base de dados de consultas também são pensados

para oferecer táticas conhecidas de jogo, aumentando a dificuldade de um adversário humano ganhar a partida de xadrez.

As simulações no campo da arquitetura e do urbanismo se tornaram possíveis, ao longo da história, devido a invenções como o papel, os instrumentos de desenho, o desenvolvimento da geometria – de modo especial a geometria descritiva e a geometria analítica –, a perspectiva, a fotografia, o vídeo e, mais recentemente, a computação gráfica suportada por sistemas computacionais eletrônicos (SERRA, 2006, p.36).

Identificada uma metodologia de elaboração de projeto de arquitetura, mesmo sendo etapas de trabalho não “lineares” (provavelmente dialética), mapeiam-se e detalham-se os processos de produção de um pré-projeto de arquitetura, buscando aproximação de como funciona uma possível seqüência do pensamento do arquiteto. Por ser uma interpretação da realidade, ou seja, uma redução do real, o processo apresentado forçosamente segue um princípio linear para aproximar-se da engenharia de *software* conhecida.

Uma abordagem dialética de concepção de projeto arquitetônico indica a riqueza de relações e associações inerentes aos processos de projeto (SERRA, 2006, p. 61).

A metodologia de desenvolvimento de um roteiro de programa computacional do tipo *CAADD* pressupõe a definição de uma metodologia de projeto arquitetônico.

Um sistema que auxilie o trabalho do arquiteto apresentaria informações que propiciariam suporte à decisão ao próprio profissional, tendendo, caso a inventividade atinja tratamentos mais complexos, aproximar-se, em termos de resultado, a composições volumétricas mais sofisticadas – em relação à organização de cubóides –, caso a tecnologia acompanhe esse grau de desenvolvimento, estando o pré-projeto sujeito à tomada de decisões pelo próprio computador.

Nessa interação homem-máquina, em que o papel desses dois agentes pode ser maior ou menor, dependendo do caso e da complexidade do problema, a diminuição no leque de possibilidades de resolução do problema arquitetônico acontece à medida que as decisões de projeto vão sendo tomadas.

“O número de decisões iniciais tomadas eliminam a necessidade de examinar um grande número de possibilidades”³⁷ (HEATH, 1994, p. 22).

Um banco de informações de elementos geométricos, o qual faz parte do escopo do sistema *CAADD*, alimenta e “conversa” com o “sistema especialista” para obter um conjunto de resultados (ou pelo menos um resultado) que atendam às necessidades funcionais do grupo de pessoas a residirem numa unidade habitacional a ser projetada. A partir de variáveis que possam ser mensuráveis, acredita-se ser possível montar um sistema especialista com questões objetivas, contendo em cada uma das questões alternativas excludentes de resposta para direcionar o “cálculo” do sistema, resultando na montagem gráfica de um esboço dos ambientes necessários para atender o conjunto familiar informado na entrada de dados do sistema. O número de alternativas de cada questão poderá ser aumentado de acordo com novas respostas colhidas em APO e realimentar o sistema.

Admitindo-se que o produto do projeto de arquitetura são formas geométricas organizadas de maneira lógica e objetiva, a partir de um grande e definido repertório de informações (ALEXANDER, 1964, p. 80) e sob o ponto de vista da funcionalidade, é possível “simular” raciocínios e conhecimentos que resultem algumas possibilidades de desenho de pré-projeto.

Um inventário de todos os objetos domésticos com o objetivo de estimar a cubagem³⁸ média em grupos familiares de características variáveis, e outras informações tais como a renda familiar, o nível de escolaridade, estariam disponíveis na base de dados.

Para a realimentação utiliza-se os métodos e as técnicas de APO para a obtenção de informações da percepção dos usuários dos ambientes. Os dados de APO serão tratados no contexto dessa pesquisa como informações “dinâmicas”, que podem se alterar com maior frequência ao longo do tempo (ver Capítulo 4).

³⁷ Tradução do autor da dissertação. Texto original: “a number of initial decisions are taken which eliminate the need to examine a very great number of the possibilities”.

³⁸ Quantidade de unidades cúbicas que se podem conter em um certo espaço; cálculo da capacidade de um recipiente ou de um recinto (FERREIRA, 1995, p. 190).

As normas e demais itens de legislação pertinente são também inseridas no sistema e serão tratadas aqui como informações “estáveis”, as quais se alteram com menor frequência ao longo do tempo (ver Capítulo 3).

Os dados primários quantificados são fundamento para a construção de regras e restrições do sistema. Com o conjunto das informações reunidas, esforços foram concentrados para identificar métodos e estratégias utilizados na concepção de desenhos arquitetônicos e procurar traduzi-los para o meio computacional, buscando facilitar a manipulação dos elementos espaciais de modo interativo e parametrizado.

Como dito anteriormente, a especificação do programa computacional é apresentada no Capítulo 7.

3 Habitar: materialização e extensão do viver

"Não há lugar como nosso lar"
Dorothy (Filme Mágico de Oz)

A necessidade humana do morar e seus laços habituais com o lugar "habitação" estão presentes nas diferentes culturas do planeta ao longo da história. A habitação enquanto espaço privado e sob domínio autêntico³⁹ é fundamental para o desenvolvimento e a manutenção da vida humana de modo saudável e independente.

A habitação atinge o seu pleno significado quando se experimenta o "sentir-se em casa", e verifica-se que "é mais do que estar sob um abrigo, é estar enraizado num lugar seguro e pertencer àquele lugar" (RIFRANO, 2006, p. 63). De modo geral, todas as edificações deveriam possuir a característica de habitabilidade, porém é especialmente a casa⁴⁰ que reúne todas as características do morar (RIFRANO, 2006, p. 64).

Segundo o Manual Técnico de Engenharia da Caixa Econômica Federal (CEF, 2002, p. 54) e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 15575-1, 2008, p. 9), o termo habitabilidade refere-se às exigências do usuário final da habitação, a saber: estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico; desempenho lumínico; saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; e conforto tátil e antropodinâmico. A presente dissertação aborda especificamente os itens: funcionalidade e acessibilidade, e conforto tátil e antropodinâmico (ABNT NBR 15575-1, 2008, p. 26-30).

De modo geral, grande parte do tempo de vida de uma pessoa acontece na moradia (ORNSTEIN, BRUNA e ROMÉRO, 1995, p. 27), alternando entre momentos de descanso, lazer, atividades domésticas e, em alguns casos, até exercendo algum tipo de atividade profissional.

³⁹ O domínio autêntico é quando o morador está legalmente estabelecido em uma moradia, seja como proprietário, seja como locatário.

⁴⁰ O termo casa foi utilizado no sentido genérico de habitação, subentendendo as diferentes modalidades, tais como: casa térrea, casa sobrado, apartamento, unidade de moradia sub-normal, entre outras.

O vínculo psico-afetivo com a moradia mostra-se como a base para se recuperar das energias dos esforços despendidos no cotidiano. Pode-se afirmar então que a moradia-abrigo transcende o significado de edificação habitável e passa ter o caráter do que se conhece como "lar" (RIFRANO, 2006, p. 57).

" 'Quando nos lembramos da casa, dos aposentos, aprendemos a morar em nós mesmos. Assim as imagens da casa estão em nós como nós estamos nela' (BACHELARD, 1978, p. 197 *apud* SANTOS, 1998, p. 55). [...] É como se habitar fosse muito mais do que estar. É como se habitar fosse ser. A casa, muito mais do que espaço de abrigo, é espaço existencial fundamental" (SANTOS, 1998, p. 55).

O "voltar para casa" para se refazer do trabalho e/ou estudo, no aconchego da intimidade pessoal e familiar, materializada na unidade habitacional, torna-se, por assim dizer, o referencial imanente do sentido do viver.

É nesse sentido que a pessoa humana necessita do lugar "casa" para melhor manter a estabilidade emocional (CÍRICO, 2001 *apud* RIFRANO, 2006, p. 81). Pois a casa-lar é o invólucro material indutor da percepção de proteção, comparável ao útero materno, o qual seria o lugar da primeira "habitação" (SANTOS, 1998, p. 49 a 51).

E ainda, a redor do termo lar, segundo Bachelard (2008, p. 104), permeiam imagens que remetem à idéia de "ninho", despertando um instinto e uma primitividade em sentir-se seguro no "recolher-se ao seu canto". A casa "é o lugar natural da função de habitar" (BACHELARD, 2008, p. 111), onde a pessoa pode "recolher-se" nela mesma (BACHELARD, 2008, p. 144) e encontrar a sua identidade (SANTOS, 1998, p. 54).

Há uma identificação tão contundente com o lugar em que se habita a ponto do habitante personificar a ambiência na qual se abriga (COUTINHO, 1998, p. 233).

O sentir-se em harmonia com o lugar de permanência física está mais para o mundo interior da pessoa do que para o ambiente exterior à pessoa (GREGOTTI, 1975, p. 49; COELHO NETTO, 1979, p. 167; BACHELARD, 2008, p. 221). Mesmo assim, aparentemente, o meio envoltório sempre condiciona o estado integral da pessoa exposta ao lugar, com maior ou menor intensidade.

“Define-se qualidade de vida como a sensação de bem estar do indivíduo. Esta sensação depende de fatores objetivos e externos, assim como de fatores subjetivos e internos. O ambiente pode influir sobre ambas as categorias de fatores, mas com eficiência e tempo diversos. Por outro lado, há fatores que independem do ambiente circundante, pois se relacionam, seja com estruturas psicológicas em seus aspectos mais profundos, seja com condicionamentos econômicos básicos. A distinção feita entre bem estar físico e fisiológico e bem estar sócio-psicológico é meramente didática; assim como é difícil isolar no indivíduo os aspectos somáticos dos aspectos psíquicos, também é difícil considerar isoladamente aquelas categorias de bem estar.” (WILHEIM e DEAK, 1970, p. 13).

A imaginação conduz a impressões diversas do sentido de proteção e conforto, “construindo paredes” inexistentes ou, inversamente, a mesma imaginação pode fazer “duvidar das mais sólidas muralhas”. “Vive[-se] a casa em sua realidade e em sua virtualidade, por meio do pensamento e dos sonhos” (BACHELARD, 2008, p. 25). Associa-se o lugar “casa” à idéia de segurança e proteção, “muito além da segurança física que a casa construída pode efetivamente oferecer” (SANTOS, 1998, p. 54 e 55).

Considerando todos os significados que a moradia pode adquirir, esta se constitui essencialmente da forma material, expressando características espaciais. O ordenamento e a organização das volumetrias resultantes são o objeto comum da Arquitetura e do Urbanismo.

De um lado tem-se a livre e deliberada expressão formal (COELHO NETTO, 1979, p. 168), que pode levar a situações caóticas em termos de espacialidade. De outro se tem a rigidez da padronização e a produção em série, o que pode acarretar impressões de monotonia e anonimato, além de eventual descaracterização com o contexto urbano (SLOMIANSKI, 2002, p. 102 e 164; KENCHIAN, 2005, p. 53). Portanto, convém equilibrar a dinâmica da formalização de diretrizes projetuais e construtivas, na busca de melhores resultados nos âmbitos coletivos e individuais.

Não basta morar, é preciso morar de modo adequado, em que a satisfação do morador seja atendida dentro de padrões mínimos de habitabilidade, reconhecidos e definidos internacionalmente a partir do II Congresso Internacional de Arquitetura Moderna (CIAM), ocorrido na cidade de Frankfurt (Alemanha), em 1929 (FOLZ, 2003, p. 41; KENCHIAN, 2005, p. 47). A qualidade da habitação está relacionada com características objetivas de funcionalidade e também aspectos estéticos da forma.

São os aspectos perceptivos e cognitivos⁴¹ que formam os parâmetros de qualidade espacial (IMAI, 2007, p. 16). Portanto, o conjunto sujeito (pessoa) e objeto arquitetônico influenciam-se mutuamente na construção do significado do lugar (SANTOS, 1998, p. 57).

A qualidade de vida, sobretudo no que se refere à moradia, tem se tornado, senão um imperativo, um sonho de conforto e consumo do cidadão contemporâneo, inclusive nos extratos menos favorecidos da sociedade.

A afirmação “pelo menos se tem um cantinho para morar” tende a não ser suficiente diante do conhecimento disponibilizado até o presente, de modo particular no que se refere à arquitetura e ao urbanismo (ALEXANDER, 1964, p. 4), tratados na perspectiva dos estudos ora apresentados.

Diante disso, pode-se indagar como o conhecimento acumulado nos casos de sucesso⁴², ou mesmo de fracasso, é refletido na concepção dos projetos arquitetônicos. Caso não seja, mapear-se-ia a situação com o objetivo de atingir um padrão de moradia digna, isto é, que atenda: os preceitos legais (esferas municipal, estadual, federal e internacional), a adequada inserção urbana, as recomendações de conforto ambiental – incluindo o conforto psicológico – e atingir níveis de satisfação do usuário, e que possam ser monitorados por especialistas.

⁴¹ “A percepção pode ser definida como a apreensão imediata da informação sobre o ambiente por meio de algum dos sentidos, enquanto que a cognição é um processo de desenvolvimento mental no qual a pessoa acumula conhecimento e define valores” (GOLLEDGE e STIMSON, 1997 *apud* IMAI, 2007, p. 16).

⁴² O registro das melhores práticas e lições aprendidas já é uma realidade dos campos de pesquisa e da produção industrial e de serviços.

As respostas a essas questões têm sido perseguidas, de modo especial, a partir do momento que o homem teve a oportunidade de dominar a técnica construtiva do habitar e organizar o seu conhecimento adquirido. Porém, provavelmente o fato determinante para aproximar-se desse estágio de processo de produção e da manutenção da habitação é a coordenação sinérgica e a consciência cidadã (BRAGA, 1998, p. 92; CREDÍDIO, 2004) dos agentes políticos, sociais, econômicos, acadêmicos, profissionais habilitados e usuários finais envolvidos (IMAI, 2007, p. 10). Além disso, vale lembrar que o resultado final da unidade habitacional é decorrente da cadeia produtiva da construção civil, a qual está sujeita à ocorrência de falhas em alguma de suas etapas, sendo que não basta serem identificadas e documentadas, e sim tratadas devidamente dentro do seu contexto para minimizarem índices insatisfatórios.

O debruçar-se sobre o processo de produção da habitação social pretende, obviamente, atender o maior número de pessoas, utilizando uma abordagem científica – ciência da construção (MEYER, 1928 *apud* KOPP, 1990 *apud* KENCHIAN, 2005, p. 46; SERRA, 2006, p. 37-38) – para atenuar impactos prejudiciais à saúde física, mental e social dos moradores. A abordagem compreende temas como ergonomia, antropometria, conforto psicológico e funcionalidade de uso de habitações.

Apartamentos de conjuntos habitacionais originários de políticas públicas têm sido a alternativa para muitas famílias morarem, sobretudo aquelas com menor poder aquisitivo. O resultado da produção em série, por gerar grande número de unidades de moradia, e em muitos casos com caráter repetitivo, pode ocasionar grande impacto no modo de vida das pessoas, o que requer diretrizes de projeto e controle de execução da obra criteriosos, a fim de proporcionar qualidade arquitetônica e urbanística adequadas.

A concepção do projeto está sujeita ao repertório do projetista ou dos projetistas responsáveis. A grande e crescente quantidade de informações dificulta ou mesmo impossibilita o gerenciamento individual do conjunto de informações necessárias à produção do projeto arquitetônico, fazendo-se necessário o trabalho colaborativo de especialistas da área e áreas afins e, atualmente, também incluir ferramentas computacionais de auxílio ao processo de projeto.

Cada município apresenta situações sócio-econômicas e geográficas específicas no momento do planejamento urbano e, particularmente, o atendimento às demandas habitacionais requer uma análise técnica para sua melhor localização e implantação.

No caso do município de São Paulo, segundo Vieira (2005, p. 33), verificou-se um esvaziamento dos bairros centrais e uma procura por moradias nas regiões periféricas. Esse desequilíbrio é causado principalmente por questões mercadológicas que influenciam diretamente no valor final da unidade habitacional. Nesse caso, mesmo a unidade habitacional sendo acessível ao orçamento familiar de baixa renda, o custo social das grandes distâncias a serem percorridas periodicamente por essa população pode ser comparável ao da revitalização de edificações construídas e que estejam deterioradas.

Vários fatores contribuíram para o congestionamento, precarização, empobrecimento e periferação habitacionais (VIEIRA, 2005, p. 31 e 32): a inadequação de linhas de financiamento, o alto custo da terra, o empobrecimento da população, a especulação imobiliária e a falta de investimentos públicos de infra-estrutura nessas regiões (VIEIRA, 2005, p. 231).

Com o aumento do valor do metro quadrado da habitação verificou-se também uma tendência de compactação do espaço em detrimento de uma “otimização” do uso (LOPES, 2006, p. 15; RIFRANO, 2006, p. 18). Apesar disso, o julgamento das dimensões mínimas do habitar humano, abarcando todas as fases da vida, submete-se – ou deveria submeter-se – a critérios científicos, com destaque para as recentes pesquisas das ciências humanas (JAPIASSU, 1994, p. 135), a saber: psicologia, sociologia, antropologia, história e geografia humana, entre outras.

Em se tratando de espaços mínimos segundo um determinado critério de dimensionamento, portanto, espaços não necessariamente compactos, a importância do tema ganha significado. Quando ocorre considerável aumento da área total da unidade em poucos metros quadrados, há um ganho de qualidade dimensional, sem, contudo, aumentar proporcional e percentualmente o custo da diferença de área. Em um exemplo, Cantero (2004, p. 88) constatou que um

aumento de 17% de área total impactaria 3,5% a mais no custo final da unidade habitacional.

A habitação também é um produto e como tal possui um valor de mercado, tornando lícita a sua justa comercialização. Sendo um bem específico, o produto habitação “não pode ser produzido e comercializado como qualquer outra mercadoria” (BONDUKI, 2004, p. 14 e 127).

Por ser um produto de mercado, a habitação está sujeita às pressões, sobretudo, econômicas. A flutuação dos valores do produto habitação segue a lei de oferta e procura do mercado, em que a especulação imobiliária exerce enorme influência (CANTERO, 2004, p. 67). Equilibrar os interesses é papel do Poder Público para o benefício comum dos cidadãos.

Implementar programas habitacionais nas áreas consolidadas da cidade é uma alternativa de racionalizar os recursos disponíveis, aproveitando as edificações e a infra-estrutura urbana já existentes. Com isso, além de promover a revitalização e o adensamento dessas áreas, minimiza os deslocamentos já que as habitações estariam mais próximas de áreas polarizadoras de emprego (BONDUKI, 2000, p. 77).

A racionalização do processo de ocupação/construção começa na concepção do projeto arquitetônico e urbanístico (BONDUKI, 2000, p. 111), em que o posicionamento do(s) edifício(s) e a inserção urbana do lote/gleba possibilitam maximizar o aproveitamento do espaço físico e a economia construtiva. O conceito de racionalização dos processos produtivos de edificações habitacionais abrange desde a logística de localização urbana, passando pela construção propriamente dita, até o esforço de prolongamento de sua vida útil.

O movimento racionalista originalmente buscava atender “a uma situação habitacional emergencial de precariedade, agravada pelas massas de trabalhadores que migravam do campo para a cidade durante o processo de urbanização do país” (CANTERO, 2004, p. 19); mas entende-se que a racionalização do processo produtivo não necessariamente acarreta uma diminuição da qualidade, pelo contrário, permitiria uma dedicação maior na produção do objeto arquitetônico. A produção de “boa arquitetura” nas

habitações sociais não implica obrigatoriamente em custos mais elevados (BONDUKI, 2000, p. 110 e 125).

Também Bonduki (1998, p. 135 *apud* CANTERO, 2004, p. 27) destacou que:

“um suposto racionalismo formal desprovido de conteúdo, consubstanciado em projetos de péssima qualidade, monótonos, repetitivos, desvinculados do contexto urbano e do meio físico e, principalmente, desarticulados de um projeto social”

é uma incorporação distorcida do ideário da Arquitetura Moderna.

Uma melhor adaptação dos hábitos dos moradores aos espaços domésticos tem sido considerada, progressivamente, um fator essencial no processo projetual do arquiteto, buscando atender às necessidades cotidianas (LOPES, 2006, p. 16).

Nesse sentido, o registro da memória de experiências e das percepções de ambientes já construídos e em uso – com destaque para as habitações sociais – torna-se uma referência significativa para o estabelecimento de uma cultura de elaboração de projetos, buscando atingir índices adequados de satisfação dos usuários finais da unidade habitacional.

O espaço reduzido, ou a falta de espaço para a movimentação, e o estar cotidiano acarreta desconforto em curto prazo e restrição da qualidade espacial devido às adaptações funcionais de uso, podendo, inclusive, deteriorar as relações interpessoais dos moradores (BOUERI, 1999, p. 85; FOLZ, 2003, p. 1).

Em determinadas políticas habitacionais priorizou-se diminuir o custo da construção, e, conseqüentemente, forçou-se à miniaturização dos espaços da moradia social, com o intuito de aumentar o número de unidades habitacionais (RIFRANO, 2006, p. 17).

Há, porém, outros aspectos a serem considerados além do custo da construção da edificação habitacional, como, por exemplo, o custo do uso da unidade habitacional no tempo e no espaço urbano, ou seja, o custo da habitação analisado ao longo do período de vida útil da edificação⁴³, sob todos os aspectos

⁴³ “Ao analisar os custos incorridos na produção e uso das edificações ao longo de sua vida útil, é possível identificar diferentes componentes do custo que ocorrem em diferentes momentos do

que envolvem a organização espacial nas diferentes escalas dimensionais: ergonomia relacionada à unidade habitacional e mobilidade relacionada à localização urbana. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) denomina esses aspectos como sendo o "custo global"⁴⁴ (NBR 15575-1, 2008, p. 5).

O bom desempenho de um produto arquitetônico precede de um ajuste fino entre quatro ações diferentes: (1) o projeto arquitetônico atendendo ao programa de necessidades, (2) a qualidade do material construtivo (industrializado ou não), (3) a qualidade da execução/installação do componente da edificação e (4) a gestão predial/condominial. O não atendimento a qualquer desses requisitos pode comprometer a vida útil e a usabilidade (habitabilidade) do produto final (VIEIRA, 2005, p. 227 a 234; ABIKO, 1995, p. 20).

Além disso, antes do início da construção da edificação há alternativas para se verificar se o projeto atende às necessidades do público o qual está destinado. Uma das quais é a Avaliação Pré-Projeto (APP), quando o edifício é analisado previamente (IMAI, 2007, p. 1).

Portanto, a concepção da forma geométrica da edificação é condicionada interna e externamente por normas legais, e possivelmente por APOs de conjuntos habitacionais. Justifica-se, nesse contexto, o direito a morar adequadamente.

3.1 Direito à moradia e habitabilidade

Existem várias expressões que indicam a habitação como um direito humano: direito à moradia, direito à moradia digna, direito a uma moradia adequada, direito a uma casa própria, direito a um albergue, direito a um refúgio, direito à terra, direitos habitacionais, direito à cidade, entre outros (PISARELLO, 2003, p. 82).

A agência das Nações Unidas responsável pelos assentamentos humanos declarou no relatório *The Challenge of Slums* que um bilhão de pessoas vivia em assentamentos irregulares precários nas cidades do mundo. E ainda estima que,

processo: custos de construção, custos de operação, custos de manutenção, custos de modernização ou adaptação e custos de demolição ou venda" (SILVA e SOUZA, 2003, p. 32-33).

⁴⁴ Custo global: custo total de um edifício ou de seus sistemas, determinado considerando-se, além do custo inicial, os custos de operação e manutenção ao longo da sua vida útil.

no ano de 2010, cerca de dois bilhões de pessoas estarão vivendo sob essas condições (UN-HABITAT, 2001 *apud* BALTRUSIS, 2004, p. 54).

Ao ratificar documentos emitidos por organizações e/ou acordos de âmbito mundial, o governo brasileiro se compromete, frente à comunidade internacional, proteger e concretizar esse direito do cidadão. No caso de declarações, as responsabilidades resultam em compromissos éticos e políticos e no caso de convenções, tratados e pactos, estas originam deveres e obrigações legais.

O direito à moradia remete necessariamente ao direito à cidade, o qual prevê: direito à moradia digna, ao saneamento ambiental, ao trânsito e mobilidade segura, à infra-estrutura, serviços e equipamentos urbanos, aos meios de acesso à renda, educação, saúde, cultura, lazer, trabalho, etc.

“Um moradia digna é fundamental para a sobrevivência e para levar uma vida segura, independente e autônoma. Precisamente por sua centralidade na vida das pessoas, pois consome grande parte de seus pressupostos e condiciona a sua auto-estima, de seus familiares e o bem estar da comunidade onde habitam”⁴⁵ (PISARELLO, 2003, p.25).

Como amplamente conhecido, a moradia digna é condição fundamental para o pleno desenvolvimento humano, enquanto indivíduo e enquanto grupo social. Assegurar e preservar esse direito é contribuir diretamente para a manutenção harmoniosa e sustentável das sociedades e nações.

Influenciados pela latitude (localização geográfica) e herança étnica, diferentes regiões do planeta, delimitadas em países, apresentam variações na forma e composição da habitação.

De modo geral, quanto mais abrangente a instância responsável, o aporte teórico é predominante, enquanto que, ao diminuir a abrangência das esferas institucionais (organizações, Estados e esferas de governo), as referências dimensionais são mais eloqüentes. Em nível regional (estadual) e local (municipal) há regulamentações mais precisas sobre diretrizes para a construção de habitações.

⁴⁵ Tradução do autor da dissertação.

Até certo ponto, as legislações e as normas incidentes em um município “modelam” a forma das edificações e estabelecem os programas de necessidades mínimos de conjuntos habitacionais voltados às políticas de inclusão habitacional.

Em pesquisa realizada por Kenchian (2005, p. 296) verificou-se que arquitetos e engenheiros civis têm dimensionado “de maneira inadequada os espaços da habitação, utilizando-se principalmente dos Códigos de Edificações e os dados do mercado imobiliário”, sendo que existem muitos outros dados a serem considerados.

Em relação ao direito à cidade, o desenho urbano (vias públicas, mobiliário urbano, arborização, pavimentação), apesar de estar fora do espaço privado da unidade habitacional, é um condicionante fundamental para a percepção da qualidade de vida. O suporte físico de circulação em áreas urbanas é o sistema viário, o qual articula as atividades que ocorrem na cidade. A diversidade de funções urbanas gera conflitos de diversas naturezas, cabendo ao Poder Público criar, manter e impor regras para benefício coletivo (MORETTI, 1997, p. 59).

Há muito que se propor em relação tanto ao desenho urbano como quanto ao desenho da edificação habitacional, porém é possível e produtivo utilizar conhecimentos adquiridos e registrados por meio de diversos métodos de pesquisa e avaliações dos ambientes privados e de inserções urbanas. A experiência permitiu compendiar soluções adequadas de espaços da habitação, as quais são organizadas em “manuais” de projeto arquitetônico.

3.2 Manuais de projeto arquitetônico aplicados à habitação

Os manuais de projetos arquitetônicos são referências importantes, senão essenciais, na concepção de edificações, inclusive nas edificações habitacionais. O registro de APOs funcionais de conjuntos habitacionais pode incrementar o conhecimento na área, sejam casos de sucesso ou fracasso como citado anteriormente.

Um manual de projeto arquitetônico de habitação é um documento que reúne informações sobre uma metodologia científica aplicada aos processos construtivos de edificações habitacionais (SILVA, 1982, p. 23; PANERO e ZELNIK, 1984, p. 12 e 13; NEUFERT, 1994, p. XVI; KENCHIAN, 2005, p. 51).

Os parâmetros de projeto arquitetônico e de engenharia são dinâmicos por natureza e precisam ser verificados e aferidos periodicamente para atender às diferentes demandas ao longo do tempo e localidade.

Do ponto de vista sistêmico, os ambientes de uma habitação são dispostos de maneira a melhor atender às necessidades funcionais e de fluxos, os quais, agrupados, encerram a unidade habitacional. A unidade habitacional, por sua vez, enquanto composição de uma edificação vertical multifamiliar, apresenta-se como unidade predial de apartamentos. Os prédios reunidos em um condomínio formam um conjunto habitacional, inseridos entre vias públicas da malha urbana municipal.

Diferentes autores exploraram as características determinantes de habitações e procuraram identificar padrões que pudessem ser reproduzidos em outros projetos.

Neufert (1976), em *Arte de projetar em arquitetura*, organiza um compêndio com dimensões geométricas de diferentes edificações, inclusive de habitações, desde o mobiliário até os tamanhos e proporções dos ambientes.

Panero e Zelnik (1979), em *Las dimensiones humanas em los espacios interiores: estandares antropométricos*, apresentam as variações antropométricas em diferentes idades da vida, relacionando com os espaços de uso cotidiano, inclusive em ambientes domésticos.

Silva (1982), em *Geometria funcional dos espaços da habitação*, apresenta estudos dimensionais de espaço e função dos seguintes ambientes: dormitório de casal, dormitório dos filhos, sala de estar e jantar, cozinha, banheiro e área de serviço.

Boueri (1999), em *Antropometria aplicada à arquitetura, urbanismo e desenho industrial*, apresenta estudo da variação das medidas corporais como subsídios para a concepção de projetos.

Coelho (2000), em *Qualidade Arquitectónica Residencial: rumos e factores de análise*, identificou e classificou um conjunto de indicadores de modo a permitir uma análise da qualidade arquitetônica de unidades habitacionais. Seu objetivo é

fornecer não apenas informações técnicas de suporte à concepção do projeto arquitetônico residencial, mas também um referencial para avaliação desses ambientes construídos. A abordagem metodológica contemplou o reconhecimento da realidade e sua atualização sistemática, a interdisciplinaridade inerente às equipes de trabalho, a organização temática e por fases dos estudos, a identificação de soluções projetuais preferenciais e o registro de informações da percepção da qualidade arquitetônica pelos habitantes. Os temas apontados por Coelho para a análise da qualidade são: acessibilidade (facilidade e adequação do acesso de pedestres às unidades habitacionais), comunicabilidade (comunicação entre os diferentes espaços, internos e externos à unidade habitacional, por contato físico ou visual), espaciosidade (disponibilidade adequada dos valores dimensionais), capacidade (limites de armazenamento de utensílios domésticos), funcionalidade (adequação ao desempenho das funções e atividades residenciais), agradabilidade (condições de conforto e bem estar material), durabilidade (vida útil da unidade habitacional), segurança (propriedade de proteção da habitação), convivialidade (fatores que contribuem para o relacionamento interpessoal amistoso no conjunto habitacional), privacidade (condições de preservação da identidade e intimidade pessoal e familiar), adaptabilidade (possibilidades de flexibilização funcional dos ambientes), apropriação (garantias e manutenção da posse do imóvel), atratividade (nível de satisfação), domesticidade (característica da edificação em proporcionar espaços domésticos para a permanência familiar) e integração (refere-se ao cumprimento de todas as necessidades que uma residência abrange).

Branco Pedro (2001, p. 55-80), em *Programa Habitacional: Habitação*, organizou as tipologias das habitações em seu país (Portugal), caracterizando-as, descrevendo as dimensões dos compartimentos e seus respectivos mobiliários, além de montar um diagrama topológico por meio de grafos para cada tipologia.

Os manuais de projeto englobam referenciais dimensionais de função e uso de elementos arquitetônicos e urbanísticos – além de outras informações –, cada qual podendo diferenciar-se devido ao contexto em que o autor do manual está inserido. Essa variação de abordagem refere-se a temas prioritários tratados na elaboração do documento, como por exemplo: ciclo familiar, salubridade,

economia construtiva, ambiente mínimo, adequação ergonômica (KENCHIAN, 2005).

Os conteúdos teóricos em conjunto com os registros de experiências de edificações habitacionais construídas e em uso dão o suporte e o referencial técnico aos novos projetos arquitetônicos. Estando as questões técnicas devidamente – ou suficientemente – assistidas, volta-se a outros aspectos que envolvem a construção de moradias, os quais variam de fatores políticos a econômicos, configurando-se propriamente em uma questão social.

3.3 Habitações Sociais

O acesso a uma moradia converteu-se em um problema social de grande magnitude, não somente em países em desenvolvimento, mas também nos países ditos desenvolvidos (PISARELLO, 2003, p. 19).

Segundo Bonduki (2004, p. 263) a intervenção do prefeito do município de São Paulo Abraão Ribeiro foi pioneira em tratar a habitação como um problema social no Brasil.

O conceito de Habitação Social (HS) foi introduzido por meio da Lei nº 8.266 de 1975, a qual foi posteriormente revogada, dando lugar ao Decreto 11.228 de 1992, conhecido por Código de Edificações do Município. No texto será considerada a expressão Habitação Social (HS). As HSs caracterizam-se por serem habitações permanentes, construídas segundo padrões estabelecidos.

Coelho (2000, p. XI) utilizou a expressão “habitação social” para indicar edificações multifamiliares em grandes áreas residenciais.

A adequada inserção urbana de um empreendimento habitacional é indispensável, pois a percepção da qualidade ambiental leva em consideração: o espaço privado, os espaços públicos do condomínio e o trecho urbano onde a edificação está localizada.

Na comparação entre diferentes unidades de ambientes construídos ocorre um julgamento pessoal de qual é o melhor. Apesar de ser relativo ao repertório do observador, há um senso comum entre o “suficiente” e o “melhor”, ou pelo menos há características que permitem a escolha do preferido.

“A percepção do ambiente é conseqüente de um processo cognitivo individual, resultante da experimentação acumulada. Cada indivíduo percebe o espaço distintivamente, e, ainda, um mesmo indivíduo percebe o mesmo espaço variavelmente através do tempo e das formas de apropriação e uso que faz do mesmo” (VIEIRA, 2005, p. 28).

As percepções dos moradores quanto ao ambiente doméstico variam de pessoa para pessoa. Apesar disso, há, de certa maneira, um consenso em termos cognitivos e psicológicos do conforto esperado.

O reconhecimento de uma moradia classificada como subnormal⁴⁶ é possível quando esta não é dotada dos quesitos mínimos de habitabilidade.

O grande número de moradias subnormais eleva o grau de prioridade no que se refere ao tratamento das políticas públicas de habitação e desenvolvimento urbano (VIEIRA, 2005, p. 31).

A qualidade de uma moradia é – ou deve ser – proporcional ao valor monetário que a família pode pagar? (CANTERO, 2004, p. 26). Essa é uma questão polêmica, visto que a construção de unidades habitacionais não cabe no orçamento da grande maioria das famílias carentes de moradia, particularmente no que se refere aos itens de acabamento e mobiliário. A solução é uma questão primordialmente social, a qual é reflexo também da conjuntura do país. Apesar das restrições e níveis de competência encontrados por diferentes agentes envolvidos na atuação do processo de construção de habitações, sejam os representantes políticos, técnicos responsáveis das esferas de governo e/ou iniciativa privada, é de se esperar o melhor resultado possível.

A indução da qualidade urbana (diversidade de comércio, mobilidade, equipamentos de saúde, educação e cultura) deve estar na agenda das esferas de governo responsáveis como parte do plano estratégico de ação. O que cabe ao arquiteto projetista é focar na qualidade espacial, seja do desenho urbano, do condomínio, da edificação, seja do interior do apartamento, levando em consideração a antropometria, ergonomia e as dimensões do mobiliário popular.

⁴⁶ Classificação do IBGE para residências em áreas irregulares, com imóveis distribuídos desordenadamente e sem acesso a serviços básicos (IBGE, 2003).

“O alto nível de carência habitacional praticamente joga por terra os critérios arquitetônicos de qualidade dos espaços habitados, e muitas vezes, até mesmo os critérios para um nível mínimo de conforto ambiental” (CANTERO, 2004, p. 31 *apud* MARICATO, 1987, p. 52).

Um conjunto habitacional não é um “depósito de pessoas”. Não basta resolver-se o interior do apartamento, pois se mora na rua, no bairro, na cidade, ou seja, o ambiente privado não está “descolado” do lugar onde está localizado. O termo “conjunto habitacional” traz consigo uma conotação histórica de exclusão (PISARELLO, 2003, p. 81; RIFRANO, 2006, p. 39; GRIMONE, 2006, p. 86).

Conforme colocado por Bonduki (2000, p. 107) deve-se levar em consideração que direito à arquitetura é um pressuposto para alcançar-se qualidade espacial, levando-se em consideração que o arquiteto urbanista é o profissional capacitado e habilitado a organizar espaços.

Por maiores que sejam as possibilidades de arranjos ambientais e a diversidade de exigências humanas, há um número reduzido, comparativamente, de soluções arquitetônicas que atingirão níveis de satisfação aceitáveis pelos usuários finais (KENCHIAN, 2005, p. 11; RIFRANO, 2006, p. 151-152).

E isso é um desafio para os projetistas do ambiente construído, sobretudo para os arquitetos urbanistas, em pensar o projeto continuamente (ORNSTEIN, BRUNA, ROMÉRO, 1995, p. 44), de modo a melhor atender as demandas de organização funcional.

O aprimoramento dos processos de projeto é uma prática contínua no trabalho do arquiteto (VIEIRA, 2005, p. 24). O estabelecimento de indicadores e a documentação de dados relevantes estão submetidos à diversidade temporal, cultural e geográfica. Esse dinamismo incumbe aos projetistas acompanhar as variações dos índices para melhor atender as diferentes demandas dos ambientes construídos. A organização de índices⁴⁷ e variáveis⁴⁸ eventualmente poderia culminar em um programa de computador voltado à automação de

⁴⁷ Índice é a relação entre valores de qualquer medida ou gradação (FERREIRA, 1995, p. 358).

⁴⁸ Variável é o valor que, em uma função ou em uma relação, pode ser alternadamente substituído por outros (FERREIRA, 1995, p. 665).

geração de pré-projetos habitacionais, para auxiliar o trabalho do arquiteto. Um exemplo de variável é a área útil de um dormitório, que pode variar com o critério considerado. Um exemplo de índice é a relação entre a área útil do banheiro como um todo e a área do box do banheiro.

O grande número de atores envolvidos no processo da produção habitacional tem a possibilidade de impor condicionantes para a elaboração dos projetos, gerando grande complexidade na abordagem do problema (BRAGA, 1998, p. 1). Há uma grande pluralidade nas políticas habitacionais implantadas, sobretudo, após 1980, as quais não apresentam coerência e continuidade de atuação. Cada gestão de governo procura evidenciar uma forma de produção e apropriar-se de ganhos políticos resultantes dessas intervenções.

Constata-se grande pluralidade nas políticas habitacionais implantadas no contexto nacional brasileiro, sobretudo após 1980, as quais não apresentam coerência e continuidade de atuação (BONDUKI, 2000, p. 38). Cada gestão de governo procura evidenciar uma forma de produção e apropriar-se de ganhos políticos resultantes dessas intervenções.

“Prover habitação de interesse social envolve uma complexidade de temas que vão desde o custo da terra, implantação de infraestrutura e até a forma de financiamento desses empreendimentos, e, gerenciar uma política urbana em conjunto com uma política habitacional requer principalmente uma posição de enfrentamento político, pois engloba vários interesses contidos na sociedade” (BARROS, 2002).

O Poder Público, por meio das esferas de governo, tem a atribuição de encaminhar soluções para o problema habitacional. Uma das dificuldades é definir a responsabilidade técnica dos projetos (ABIKO, 1995, p. 5).

Pode-se afirmar que o projeto/desenho da habitação não é um entrave para empreendimentos de HS, os quais estão mais sensíveis à problemática político-social-econômica para a sua realização. Disponibilizar/comercializar as unidades providas de qualidade ambiental adequada arquitetonicamente requer um controle desde o projeto até a entrega ao morador/consumidor.

A preocupação com a qualidade do ambiente doméstico decorre também do fato da grande quantidade de horas que as pessoas permanecem em suas casas. Isso justifica um projeto arquitetônico submeter-se a análises críticas do próprio projetista e outros profissionais envolvidos no processo, arquitetos ou não.

Uma argumentação de “lógica de dimensionamento mínimo” requer confrontação com a vivência dos usuários para a validação da qualidade ambiental, pois a acomodação espacial (incluindo o conforto psicológico) extrapola as possibilidades de manobras e movimentações do indivíduo naquele modelo dimensional (BOUERI e RIGHETTO, 2003, p. 53).

Em muitos casos, a percepção do morador quanto à sua moradia é surpreendentemente positiva, não talvez pela qualidade espacial, mas pela sensação de abrigo e o vínculo afetivo com a casa que pôde comprar com sua renda (BOTELHO, 1982; TRAMONTANO, 2006). E também, como demonstrado por Vieira (2005, p. 227), os resultados positivos observados pelos usuários nas áreas privadas não se repetem nas áreas de uso comum.

4 Avaliação Pós-Ocupação e insumos para a etapa de pré-projeto

"O homem habita poeticamente"
Martin Heidegger⁴⁹

O gênero humano obteve um salto de desenvolvimento enquanto ser social a partir da comunicação, que permitiu sua organização em grupos humanos colaborativos. Uma abordagem do papel da comunicação é delinear dois momentos distintos: a comunicação interpessoal – transmissão oral – e o acúmulo de conhecimento a partir de mídias, sejam quais forem, desde as pinturas em pedras de cavernas até registros digitalizados.

A possibilidade de guardar o conhecimento adquirido experimentalmente e/ou por meio de pesquisa aplicada impulsionou decisivamente os avanços técnicos e científicos, além das, e não menos importantes, ciências humanas (SERRA, 2006, p. 18).

A comunicação possibilitou e potencializou a organização dos primeiros aglomerados humanos. Hoje as tecnologias oferecem novas possibilidades de comunicação e, portanto, trocas de conhecimentos sem precedentes, aumentando sobremaneira a sinergia de empreendimentos coletivos (ARANHA e MARTINS, 1986, p. 7; TRAMONTANO, 2006, p. 25 e 26).

Aprender com os erros, ou pelo menos ganhar tempo e estar ciente que daquela maneira não se consegue fazer determinada tarefa, pode se tornar um ganho considerável de recursos. O registro dessas informações é um rico acervo de conhecimentos adquiridos de indivíduos, grupos, sociedades e civilizações. Extrapolando a capacidade de apreensão de informações, seria possível dizer que o homem contemporâneo é a soma do pensamento que atravessou os séculos por meio da comunicação.

A disponibilidade da informação de modo racionalmente articulado pode gerar o conhecimento e produzir idéias e materializações, como por exemplo, ambientes construídos (ALEXANDER, 1964, p. 4 e 5).

⁴⁹ Retirado de GREGOTTI, 1975, p. 49.

A comunicação adequada dos agentes envolvidos em um empreendimento pode minimizar retrabalhos ou soluções desvinculadas dos objetivos iniciais programados em um planejamento ou projeto (FABRÍCIO, 2007, p. 34).

O produto da arquitetura é a materialização de um projeto. Ocupando lugar no espaço, os elementos arquitetônicos possuem atributos dimensionais, os quais são (ou pelo deveriam ser) intencionais do projetista.

O projeto de uma residência e de unidades agrupadas em conjuntos habitacionais requer conhecimentos já aplicados e validados. Novas idéias provenientes do rearranjo de conhecimentos são colocadas em produção e “testadas” propriamente no dia-a-dia, ou seja, após a ocupação do ambiente.

A sistematização desses conhecimentos oriundos de Avaliações Pós-Ocupação (APO) de moradias de edificações verticalizadas pode contribuir, de modo sistemático, para aumentar significativamente a qualidade do morar, do ponto de vista arquitetônico, por ser um processo convergente, em longo prazo, de melhores práticas e técnicas utilizadas (SERRA, 2006, p. 30).

Algumas edificações e conjuntos habitacionais no país já foram alvo de APOs, incluindo o município de São Paulo. Consultou-se pesquisas de APOs para mapear situações de projeto tanto positivas quanto negativas, com o objetivo de “cercar” variáveis dimensionais que influenciam diretamente o projeto de edificações multifamiliares de habitações sociais. Autores como Ornstein *et al* (1992), no município de Carapicuíba, na Região Metropolitana de São Paulo; Cruz (1998), no distrito de São Miguel Paulista no município de São Paulo; Vieira (2005), na área central do município de São Paulo; Tramontano *et al* (2006), no distrito Cidade Tiradentes no município de São Paulo; e Imai (2007) no município de Londrina (Estado do Paraná) registraram informações de APOs inclusive do ponto de vista da funcionalidade espacial.

A APO indica que melhores espaços construídos podem ser projetados a partir da consulta sobre as necessidades e aspirações dos usuários (FEDERAL FACILITIES COUNCIL, 2001 *apud* VIEIRA, 2005, p. 28). Os resultados de APOs apresentam o nível de satisfação dos usuários de um determinado ambiente construído, podendo incluir a opinião dos especialistas da área.

Esse é o diferencial dos métodos de APO, o qual difere de métodos de avaliações de desempenho, por levar em consideração a opinião de usuários (IMAI, 2007).

A concepção do projeto arquitetônico não se encerra em regras e definições estabelecidas. Mesmo que se reutilizem soluções projetuais já testadas e aperfeiçoadas, esse trabalho está sujeito a criatividade do arquiteto que a princípio não tem limite de idéias novas.

Eventualmente algumas patologias encontradas em edificações em uso são decorrentes de problemas de execução da obra, manutenção, ou mesmo de falhas projetuais. Nesta dissertação ater-se-á ao processo de projeto arquitetônico, focando nos aspectos funcionais da edificação habitacional.

4.1 Habitação social e tecnologia

Há uma grande demanda por habitação social⁵⁰ no Brasil como um todo, e de modo específico na Região Metropolitana de São Paulo. O Poder Público não atende completamente a necessidade de moradia da população, seja em quantidade, seja em qualidade.

Uma investigação contínua do desenho pode induzir a melhorias na qualidade espacial de novas moradias. Em muitos casos, pequenas intervenções na organização espacial da habitação, relativamente à unidade familiar, podem aumentar sensivelmente a percepção da qualidade ambiental.

“O déficit nem sempre está associado a uma nova habitação, mas também a melhores condições de habitabilidade – saneamento, descongestionamento habitacional, salubridade, regularização fundiária e infra-estrutura urbana” (CHAFFUN e BONDUKI, 1996).

O papel do Poder Público pode extrapolar a provisão da habitação social, podendo atuar como regulador, facilitador e fiscalizados das políticas públicas e da atuação de todos os agentes envolvidos na produção habitacional.

⁵⁰ A expressão “habitação social”, segundo Bonduki (2004, p. 14) denota a “habitação produzida e financiada por órgãos estatais destinada à população de baixa renda, mas num sentido mais amplo [...] inclui também a regulamentação estatal da locação habitacional e incorporação, como um problema do Estado, da falta de infra-estrutura urbana gerada pelo loteamento privado”

As novas tecnologias construtivas e de materiais, em conjunto com as TICs, aplicadas ao projeto arquitetônico, tem permitido melhorias contínuas no processo produtivo habitacional.

Apesar disso, o progresso da tecnologia não garante a qualidade espacial almejada, mesmo sendo possível que essa tecnologia seja aplicada diretamente ao ambiente construído. A pesquisa em arquitetura do cotidiano (ambientes construídos utilizados no dia-a-dia) lida com fatores psicossociais que porventura são independentes das tecnologias (SILVA, 1982, p. 15; FEDERAL FACILITIES COUNCIL, 2001, p. 10; LOPES, 2006, p. 59).

As tecnologias de informação e comunicação são bem vindas como instrumentos de indução da qualidade ambiental, enquanto difusoras de conhecimentos, tanto no maior controle da produção do ambiente construído, por meio de toda sorte de ferramental tecnológico, quanto levar às pessoas leigas a informação de que algo pode ser melhor do que se apresenta, dando margem para estes envolvidos cobrarem maior qualidade do produto habitação.

O uso do conhecimento acumulado é como projetar “a várias mãos”, a partir do qual o arquiteto não “inventa a roda” a cada projeto, mas o seu mérito e competência é “ler” e ordenar da melhor forma possível o espaço, de modo eficiente e eficaz, social, técnica e economicamente para uma determinada situação de projeto apresentada.

Os “projetos-padrão” utilizados, por exemplo, em conjuntos habitacionais da região periférica do município de São Paulo, já não atendem às exigências de habitabilidade⁵¹. A simples transcrição de soluções projetuais a partir de normas legais e de modelos de implantação e arranjos físicos pré-definidos, na maioria dos casos, torna-se um “carimbo” de implantação sem, contudo, ater-se com maiores detalhes à demanda dos ambientes arquitetônicos a serem construídos, e/ou às peculiaridades geográficas do sítio urbano, resultando em soluções distorcidas ou aquém da real necessidade (SLOMIANSKY, 2002, p. 6).

⁵¹ Habitabilidade é a característica intrínseca de um ambiente abrigado das intempéries, construído por ou não, ser habitável por humanos. A expressão subentende e sugere um limite identificável entre o que é habitável e o que é hostil. Quando a edificação não atende às características do consenso social dos requisitos mínimos do morar, a habitabilidade é questionável enquanto atributo do objeto a que se refere (RIFRANO, 2006, p. 60-65)

Tal afirmação revela que a presença do arquiteto, especialista em organização do espaço, é fundamental no ciclo da produção da unidade habitacional, desde os níveis macro-ambientais – urbanismo –, passando pelo projeto da edificação chegando até mesmo ao *design* do mobiliário (BOUERI, 1999, p. 7).

Não basta a habitação estar bem resolvida no seu espaço privado, é fundamental estar contextualizada no ambiente urbano. A qualidade arquitetônica não prescinde da qualidade urbanística e, portanto a disponibilidade de infraestrutura pública é um quesito de qualidade (SLOMIANSKY, 2002, p. 64; SCUSSEL e SATTLER, 2008).

A preferência por conjuntos habitacionais pelos incorporadores é, na maioria dos casos, justificada devido ao maior adensamento induzido por essa tipologia da edificação, possibilitando um menor custo por unidade habitacional; motivos pelos quais o tema é priorizado na pauta das discussões das diversas esferas governamentais, buscando, em alguns casos, retornos de dividendos políticos.

Além disso, podem ser apontadas algumas vantagens na adoção de soluções em conjuntos habitacionais: agrupamento condominial; possibilidade de maior integração pessoal; novas possibilidades de interação social; tendência de obter menor valor de tarifas em serviços públicos (*Internet*, TV a cabo, etc.). Por outro lado podem vir a ocorrer problemas de privacidade, segurança, manutenção de áreas comuns, entre outros.

Escolheu-se por tema as edificações habitacionais verticais multifamiliares por constatar-se a pouca quantidade de ferramentas de auxílio ao projeto.

Como em todo trabalho técnico, o custo de um profissional de arquitetura e urbanismo pode ser também contabilizado no valor total da obra. Segundo Bonduki (2000, p. 125), o argumento que o valor do projeto arquitetônico encarece o produto habitacional é insustentável, pois o seu valor percentual é uma fração mínima do custo total da obra.

Para maximizar os investimentos e diminuir o custo final para o consumidor é possível aprimorar processos de gestão e produção de habitações (BONDUKI, 1998, p. 320 *apud* FOLZ, 2003, p. 29; SILVA e SOUZA, 2003, p. 22-35).

Os sistemas computacionais são uma alternativa para contribuir com a melhoria nos processos de confecção do projeto arquitetônico. Os recursos de programas computacionais estão sendo aprimorados em todas as áreas do conhecimento, e, no caso da arquitetura e do urbanismo, cabe também e principalmente aos profissionais envolvidos com o tema liderar as incursões experimentais nessa área: o arquiteto urbanista, por excelência.

O aperfeiçoamento de sistemas computacionais de representação gráfica e modelagem de sólidos, baseados na teoria desta área do conhecimento, poderá oferecer novas formas de organizar idéias, conceitos e representações (VINCENT, 2002, p. 40-46).

Um problema social como a carência de moradias não é resolvido melhorando-se a qualidade arquitetônica das habitações. Nem por isso a satisfação positiva do usuário da edificação habitacional deixa de ser uma preocupação central do arquiteto projetista de novas edificações e interventor em edificações existentes.

A avaliação técnico-funcional trata do desempenho funcional de espaços no que se refere a: áreas mínimas, fluxos e dimensionamentos de elementos que compõem o ambiente entre outros aspectos (ORNSTEIN e ROMÉRO, 1992, p. 57).

A partir das APOs estudadas constatou-se, em praticamente todos os casos, em pelo menos um ambiente, a sobreposição de atividades, a super-ocupação do mobiliário e/ou a necessidade de aumentar o espaço dos ambientes, os quais são especificamente o tema de interesse abordado: os aspectos funcionais da habitação.

4.2 Processo de Projeto e Avaliação Pós-Ocupação

A realimentação (*feedback*) do processo de projeto a partir de dados dos ambientes em uso, contribui para o aperfeiçoamento de futuros projetos e, conseqüentemente, de melhores edificações, ou seja, a APO é parte integrante do processo projetual (ORNSTEIN e ROMÉRO, 1992, p. 46).

Semelhante a uma linha de produção da indústria, o aperfeiçoamento da habitação se verifica a partir da exposição ao mercado, ou seja, no uso pelos

moradores, devendo estes resultados medidos realimentar o início do processo de produção da edificação. O que difere da linha de produção é sua natureza projetual, isto é, a princípio cada produto edificado segue condicionantes de sua localização geográfica, o que o caracterizaria como um produto único, inédito (FABRICIO, 2007, p. 32).

A APO é um dos métodos geradores de indicadores para o aprimoramento dos processos de projeto (VIEIRA, 2005, p. 24), buscando auxiliar para o alcance de possível nível de excelência arquitetônica.

A APO pode ser vista como um procedimento de controle de qualidade de ambientes construídos e em uso e os resultados produzidos podem se transformar em instrumento de planejamento estratégico e de incremento de produtividade (ORNSTEIN e ROMÉRO, 1992, p. 39 e 89).

O termo moradia digna tem sido usado como referencial de qualidade e atendimento mínimo às necessidades humanas. Cabe, sobretudo ao arquiteto, estabelecer critérios com embasamento técnico-científico para direcionar tanto as políticas habitacionais quanto os agentes produtores de moradias de caráter social e, assim, assistir ao processo produtivo como um todo.

A pesquisa em arquitetura de habitações sociais pode contribuir para facilitar tarefas cotidianas. Há problemas espaciais repetidos, os quais são decorrentes de projetos cuja solução seria bem sucedida caso a informação fosse compartilhada.

Na pesquisa COL, quando o apartamento está plenamente equipado, constatou-se que as tipologias de planta baixa as dimensões dos ambientes, de modo geral, eram insuficientes para os moradores desenvolverem suas atividades cotidianas, além de permitirem poucas possibilidades de arranjos do mobiliário.

Situação também constatada em outras APOs: as áreas dos ambientes dos apartamentos são exíguas para atender funcionalmente as famílias que ali moram (CRUZ, 1998, p. 236; TRAMONTANO, 2006).

Em alguns casos verificaram-se espaços excedentes devido a habitação não estar plenamente equipada para receber uma família com pelo menos duas pessoas (FOLZ, 2003, p. 79).

O posicionamento de portas, janelas e conexões entre os ambientes também dificulta o arranjo do mobiliário, caso o ambiente não tenha sido plenamente concebido levando-se em consideração alternativas de arranjos físicos internos (RIFRANO, 2006, p. 94).

Nas edificações já construídas, especialmente edifícios de apartamentos, eventuais modificações dimensionais são praticamente inviáveis, por motivos óbvios, porém existe a possibilidade de algumas intervenções ao analisar caso a caso. Por exemplo, a adequação do mobiliário com o espaço disponível e seu uso. Como já apontado anteriormente, as dimensões dos móveis são fundamentais para uma melhor disposição de arranjo físico devido a compactação dos ambientes da habitação. Cabe aos profissionais responsáveis em equipar as moradias indicar o dimensionamento do mobiliário mais adequado ao apartamento em questão.

Em relação ao uso de computadores, o impacto das novas tecnologias no espaço doméstico está sujeito às demandas de espaços do equipamento. Com a miniaturização e a mobilidade desses equipamentos, os mesmos deixam de permanecer fixos em um mobiliário e passam a ocupar outras áreas da moradia. O morador tem a flexibilidade de escolher onde ficar e o equipamento com conexão sem fio estará conectado. Portanto, neste cenário, ao invés de somente a habitação se adaptar ao equipamento, o mesmo equipamento adquire características para atender também o uso doméstico em diferentes disposições e conformações do mobiliário. O que ditará o tipo de suporte envoltório (mobiliários específicos) para utilização de tais equipamentos será a melhor qualidade da interface entre o usuário e o equipamento (usabilidade⁵²).

As APOs ora consultadas indicam os ajustes em novos projetos no que se refere ao dimensionamento funcional. Isso decorre do fato de os levantamentos não

⁵² Termo usado para definir a facilidade com que as pessoas podem empregar uma ferramenta ou objeto a fim de realizar uma tarefa específica (WEISZFLOG, 2007). A usabilidade pode também se referir aos métodos de mensuração de uso e ao estudo dos princípios por trás da eficiência percebida de um objeto.

contemplarem maior nível de detalhamento, como por exemplo, a adequação: da altura dos peitoris, lavatórios e pias, do tamanho do mobiliário, dos pontos de estrangulamento de passagem nos cômodos combinado com o posicionamento do mobiliário, a localização das portas, entre muitos outros. Para fornecer informações específicas é necessário elaborar conteúdos de APO para medição mais detalhada de variáveis propostas no programa computacional *CAADD*.

A legislação e as normas estabelecem parâmetros de dimensionamento de ambientes, aberturas e passagens, indicando uma adequação ergonômica genérica do projeto sem, contudo, apresentar maior detalhamento de como seriam os ambientes da habitação.

4.3 Avaliação Pós-Ocupação de Conjunto Habitacional no distrito Cidade Tiradentes do município de São Paulo

Como já destacado, o presente estudo esteve inserido na pesquisa “Comunidades *Online* – Domesticidade e sociabilidade em políticas públicas para inclusão digital” (COL), sendo a mesma um trabalho acadêmico conjunto dos seguintes grupos de pesquisa: NOMADS-USP (Núcleo de Estudos de Habitares Interativos da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo), NUTAU-USP (Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo) e LSI-USP (Laboratório de Sistemas Integrados da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo)⁵³.

O objetivo da pesquisa COL foi identificar eventuais diretrizes para a elaboração de políticas públicas para a inclusão digital e apresentar reflexões sobre os ambientes domésticos contemporâneos, enfatizando a utilização de TICs.

Um dos principais desafios de uma política pública nesse sentido é a continuidade das atividades após os agentes promotores saírem da cena cotidiana. A proposta deve ter sustentação própria para permanecer operacional e ativa ao longo do tempo (TRAMONTANO, 2007, p. 157).

O grupo multidisciplinar contou com a participação de pesquisadores acadêmicos ligados à área de Arquitetura e Urbanismo, Ciência da Computação e Engenharia

⁵³ Sob a coordenação dos professores Marcelo Claudio Tramontano, Sheila Walbe Ornstein e Marcelo Knörich Zuffo, respectivamente.

Elétrica. Em uma de suas ações a pesquisa COL realizou a APO no distrito Cidade Tiradentes, colhendo informações de uma amostra de apartamentos de um trecho urbano.

Foram coletados dados primários por meio de Avaliação Pós-Ocupação (APO) abrangendo aplicação de questionário presencial, questionário virtual, registros fotográficos, entrevistas presenciais, croquis do arranjo físico dos apartamentos visitados, visitas técnicas nos condomínios e registro de mapas comportamentais. Para o levantamento de campo utilizou-se métodos de APO aplicados, sobretudo, a apartamentos de conjuntos habitacionais promovidos pela Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo (COHAB-SP) em um setor do distrito de Cidade Tiradentes, situado no extremo leste do município de São Paulo.

Essa pesquisa compartilhou dados primários com o grupo de pesquisas do COL e outras pesquisas de Iniciação Científica⁵⁴ e Doutorado⁵⁵. Esse estudo deriva, portanto, do conjunto de dados colhidos na pesquisa COL.

Os condomínios visitados na pesquisa COL estão identificados na Foto 1. O trecho urbano está situado na porção da então fazenda Santa Etelvina, e, portanto é denominado Conjunto Habitacional Santa Etelvina III-A (data da construção: 1984/1986) (SLOMIANSKY, 2002, p. 118).

Os condomínios⁵⁶ Araucária, Cipreste, Eucalipto, Ipê e Jacarandá são formados por três blocos, identificados pelas letras R, S e T, sendo que cada bloco tem 20 apartamentos, somando 300 unidades habitacionais. Os condomínios Paineira, Peroba, Salgueiro, Sequóia e Sibipiruna são formados por dois blocos, identificados pelas letras R e S, sendo que cada bloco também têm 20 apartamentos, somando 200 unidades habitacionais. Ao todo o universo da pesquisa COL compreendeu 500 unidades habitacionais, dos quais se obteve uma amostra de 288 questionários respondidos, os quais são comentados a seguir. A numeração dos apartamentos em cada bloco encontra-se nas tabelas 4

⁵⁴ Raquel Takano (FAPESP), Paula Lelis Rabelo (FAPESP) e Renata Siqueira (FAPESP) sob orientação da Profa. Sheila W. Ornstein (FAUUSP).

⁵⁵ Denise Mônaco dos Santos (FAPESP) sob a orientação do Prof. Marcelo Tramontano (EESC/USP/NOMADS).

⁵⁶ Os nomes dos condomínios e a numeração de suas respectivas unidades habitacionais são fictícios.

e 5. Tanto os croquis quanto as fotografias são identificadas pela numeração seguida da letra do bloco ao qual o apartamento pertence.

Os apartamentos dos condomínios Araucária, Eucalipto, Ipê, Paineira⁵⁷ (20 dos 40 apartamentos), Salgueiro, Sequóia e Sibipiruna são do tipo 1 (ver Figura 68 do Anexo 2), com área útil em torno de 38,18m² (ver tabela 1). Os apartamentos dos condomínios Cipreste, Jacarandá, Paineira (20 dos 40 apartamentos) e Peroba são do tipo 2 (ver Figura 69 do Anexo 2), com área útil em torno de 46,95m² (ver tabela 2).

Tabela 1 – Áreas úteis dos ambientes do tipo 1

Ambiente	Área útil (m²)
Sala	7,38
Dormitório 1	7,98
Dormitório 2	7,98
Cozinha	7,38
Banheiro	3,85
Área de Serviço	2,51
Circulação	1,10
Total	38,18

Fonte: TRAMONTANO, 2006

Tabela 2 – Áreas úteis dos ambientes do tipo 2

Ambiente	Área útil (m²)
Sala	15,90
Dormitório 1	7,48
Dormitório 2	7,48
Cozinha	8,19
Banheiro	3,46
Área de Serviço	3,59
Circulação	0,85
Total	46,95

Fonte: TRAMONTANO, 2006

Cada bloco é formado por dois volumes de dois apartamentos por pavimento, com cinco andares cada, ligados por uma caixa de escadas (ver Figura 4). Aproveitando a topografia local, a implantação dos blocos é feita em desnível, em que a cada lance da escada alcança-se um pavimento. São dez patamares ao todo em cada bloco (ver Figura 5).

⁵⁷ O condomínio Paineira é uma exceção na composição dos volumes de tipologias de apartamentos: os apartamentos do volume com finais 6 e 8 do bloco R são da tipologia 1 e os apartamentos do volume com finais 2 e 4 do bloco R são da tipologia 2; os apartamentos do volume com finais 2 e 4 do bloco S são da tipologia 1 e os apartamentos do volume com finais 6 e 8 do bloco S são da tipologia 2.

Figura 4 - Exemplo de um bloco de apartamentos da COHAB em configuração de "H" (identificado como tipo 1 neste trabalho)

Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Segundo a APO aplicada, a amostra com 288 apartamentos abrigava 1080 pessoas na data do levantamento, obtendo-se uma média de 3,79 pessoas por unidade habitacional. Projetando-se o número de moradores para o universo de 500 unidades, tem-se uma estimativa aproximada de 1.895 moradores nos dez condomínios visitados.

Figura 5 – Corte esquemático do bloco de apartamentos.

Fonte: TRAMONTANO, 2006.

As figuras a seguir mostram as composições dos apartamentos em três blocos (Figura 6) e em dois blocos (Figura 7). Pode-se observar que cada bloco possui uma caixa de escadas.

Figura 6 - Implantação em três blocos.
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Figura 7 - Implantação em dois blocos.
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

As visitas aos apartamentos também contribuíram para se ter compreensão da realidade pesquisada e suas inter-relações na comunidade local.

4.3.1 Localização

A imagem a seguir mostra a localização das edificações onde foi realizada a APO entre os anos de 2005 e 2006. Foi aplicado um questionário (ver anexo 1) elaborado pela equipe de Avaliações do COL especificamente para o grupo de pesquisa.

Na Foto 1 estão indicados os condomínios visitados, o centro cultural Arte em Construção e os logradouros próximos.

Foto 1 - Foto aérea da área de estudo da pesquisa COL, distrito Cidade Tiradentes, município de São Paulo

Fonte: Google Maps, 2009 (Disponível em: <http://maps.google.com.br>, acesso em 05/01/2009).

4.3.2 Cronologia e Fases

A vigência da pesquisa COL ocorreu em diferentes fases: fase 1, de abril de 2004 a setembro de 2004; fase 2, ano 1, de março de 2005 a maio de 2006; fase 2, ano 2, de junho de 2006 a agosto de 2007. As datas dos levantamentos de campo da APO estão indicados no Gráfico 1.

As informações coletadas foram organizadas e estruturadas em bancos de dados (ver Anexo 1) e planilhas eletrônicas para facilitar o manuseio de consultas.

As equipes de pesquisadores do NOMADS e do NUTAU visitaram os apartamentos das denominadas Área de Intervenção e Área de Controle⁵⁸ (ver Gráfico 2), porém conforme previsto, os dados coletados são uma amostra do universo pesquisado. Isso porque nem todos os moradores atenderam à solicitação de responder o questionário. Ao aplicar os questionários nos apartamentos era solicitado o registro fotográfico dos ambientes do apartamento e o desenho do croqui do arranjo físico interno do mesmo, os quais eram feitos após a autorização do morador entrevistado. Em alguns casos o morador não autorizou a coleta dos dados.

Na Foto 2 observa-se em primeiro plano o condomínio denominado Eucalipto e mais atrás os condomínios denominados Araucária e Ipê, os quais compõem a Área de Intervenção da pesquisa. Na Foto 3 pode-se ver o Centro Cultural Arte em Construção.

⁵⁸ Originalmente a proposta do grupo de pesquisa COL era colocar computadores com *Internet* em apartamentos para avaliar, ao longo do tempo, o impacto nos modos de vida do grupo familiar. Porém, antes da instalação dos computadores, era necessário levantar informações da realidade cotidiana dos moradores para posterior comparação em eventuais alterações técnico-funcionais nos ambientes, e também ter subsídios para eleger quais apartamentos receberiam os equipamentos de TIC. Sendo assim, dividiu-se em dois grupos os apartamentos: aqueles que receberam os computadores estavam na Área de Intervenção e aqueles que foram somente monitorados estavam na Área de Controle.

Foto 2 – Condomínio Eucalipto
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 3 – Centro Cultural Arte em Construção
Fonte: TRAMONTANO, 2006

4.3.3 Tabulação dos dados do questionário

A partir da tabulação dos dados⁵⁹ colhidos foram montados gráficos para uma melhor visualização e síntese dos resultados do levantamento de campo.

Nos levantamentos de campo realizados de abril de 2005 a setembro de 2006, foi aplicado em 291 apartamentos o questionário criado pelo Grupo de Avaliações do COL (ver Anexo 1). O questionário foi elaborado objetivando medir o nível de satisfação dos usuários quanto ao apartamento, ao prédio, ao condomínio e ao bairro em que residem, bem como outras informações relativas à renda familiar, uso de transportes, utilização de computador com acesso à *Internet*, relação com pessoas da comunidade local e disposição do mobiliário.

Dos 291 questionários, três foram desconsiderados na tabulação por não constarem o apartamento entrevistado ou por estarem incompletos na maioria das questões. Portanto são considerados 288 questionários respondidos na pesquisa. Quando o número de respostas não atingiu o número de 288, devido a não aplicabilidade da questão ou mesmo por falta de resposta do entrevistado, foi feita a indicação da quantidade de respostas consideradas em cada um dos gráficos apresentados.

O questionário foi sendo alterado a cada pesquisa de campo para atender às indagações relevantes ao grupo de pesquisa ou para reformular perguntas e melhorar o seu entendimento. Eventualmente algumas das respostas não

⁵⁹ Para o cálculo percentual foram consideradas somente as questões que tiveram respostas para evitar distorções de informação.

constaram nos resultados devido ao aprimoramento do questionário ao longo do trabalho.

A seguir é apresentado o Gráfico 1 com a distribuição no tempo da aplicação dos 288 questionários considerados válidos.

Gráfico 1 – Distribuição por data dos questionários aplicados nos levantamentos de campo realizados

Fonte: TRAMONTANO, 2006

Na programação inicial da pesquisa COL as unidades visitadas nos condomínios Paineira, Peroba e Salgueiro formariam o grupo de apartamentos estabelecidos como Área de Intervenção, por estarem mais próximos ao telecentro Cidade Tiradentes⁶⁰, enquanto outros apartamentos visitados nos condomínios Cipreste, Jacarandá, Sequóia e Sibipiruna formariam o grupo definido por Área de Controle.

Na Área de Intervenção considerada seriam instalados computadores com acesso à *Internet* nos apartamentos eleitos, e durante um período de tempo o grupo de pesquisa analisaria as alterações espaciais e dos modos de vida ocorridos. Na Área de Controle estariam os apartamentos eleitos para serem acompanhados pelos pesquisadores do COL por não possuírem computadores com acesso à *Internet*.

Constatada a inviabilidade de se colocar o ponto de distribuição do sinal de *Internet* no telecentro Cidade Tiradentes, devido a problemas administrativos, optou-se em colocá-lo no Centro Cultural Arte em Construção, o qual até então é

⁶⁰ O Telecentro distribuiria o sinal de conexão para viabilizar o acesso à *Internet*.

gerido pela Organização Não Governamental (ONG) denominada Instituto Pombas Urbanas (www.pombasurbanas.org.br). Com essa alternativa o equipamento de *hardware* servidor de *Internet* poderia ser mantido e assistido pelo Instituto Pombas Urbanas. A escolha dessa parceria com uma ONG foi subsídio para avaliar alternativas de políticas públicas para inclusão digital.

Os condomínios que pertenciam à Área de Intervenção ficaram distantes da edificação do Centro Cultural do ponto de vista de recepção do sinal de *Internet*, então foram escolhidos outros três condomínios mais próximos para ser a nova Área de Intervenção. Os condomínios escolhidos foram Araucária, Eucalipto e Ipê (ver foto 1). Todos os outros apartamentos da antiga Área de Intervenção e Controle passaram a compor a nova Área de Controle.

Portanto os condomínios da Área de Intervenção passaram a ser: Araucária, Ipê e Eucalipto (totalizando 180 unidades habitacionais). E os condomínios da Área de Controle (totalizando 320 unidades habitacionais) passaram a ser: Cipreste, Jacarandá, Paineira, Peroba, Salgueiro, Sequóia e Sibipiruna (ver Foto 1).

A seguir é mostrado o número de questionários aplicados segundo as novas áreas de Intervenção e Controle (Gráfico 2):

Gráfico 2 – Distribuição do número de questionários aplicados em apartamentos da Área de Intervenção e Controle

Fonte: TRAMONTANO, 2006

Para a investigação dos impactos no ambiente doméstico do uso das novas TICs, e também análises funcionais para a presente dissertação, foram escolhidos alguns apartamentos dentre os que responderam e colaboraram com a pesquisa COL. Os apartamentos que receberam os computadores foram eleitos a partir

dos resultados – apresentados em uma pequena parcela⁶¹ – da APO aplicada nos condomínios da Área de Intervenção, levando em consideração o perfil familiar e a posição do apartamento na edificação para a recepção do sinal de *Internet*⁶².

A seguir encontra-se número de questionários aplicados distribuídos por condomínio (Gráfico 3):

Gráfico 3 - Número de questionários aplicados por condomínio

Fonte: TRAMONTANO, 2005 e 2006

Foram aplicados 73 questionários na [nova] Área de Intervenção e 215 questionários na [nova] Área de Controle.

A aplicação do questionário e o desenho do croqui com a disposição do mobiliário do apartamento foram realizados pela equipe de pesquisadores do COL, a qual visitou cada apartamento. Para responder o questionário era solicitado um morador da residência, preferencialmente maior de 16 anos. Os gráficos 4 e 5 se referem à pessoa entrevistada.

⁶¹ Privilegiou-se apresentar somente os dados da pesquisa Comunidades *Online* que estavam diretamente voltados ao tema da presente dissertação.

⁶² Apesar da disponibilização dos computadores meta-reciclados aos voluntários eleitos pertencentes aos apartamentos da Área de Intervenção, a conexão da *Internet* prevista da rede não ocorreu no contexto da pesquisa COL, a qual se esperava o apoio do Estado para configurar uma política pública de inclusão digital. Além disso, o prazo de encerramento da pesquisa COL impossibilitou o monitoramento das alterações nos modos de vida do ambiente doméstico pela introdução dos equipamentos com acesso à *Internet* (TRAMONTANO *et al*, 2007, p. 36 e 37).

Gráfico 4 – Faixa etária do representante familiar que respondeu o questionário.
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Mesmo não abrangendo todos os moradores do apartamento, cabe destacar que 91,3% dos entrevistados têm mais de 20 anos de idade, porém 60,28% dos quais não completaram o Ensino Médio (ver Gráfico 5). O dado não pode ser generalizado para a população estudada, porém já é um indicador do perfil do morador do trecho urbano.

Gráfico 5 - Nível de escolaridade do representante familiar que respondeu o questionário (287 respostas).

Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Dentre as unidades habitacionais visitadas havia diferenças no tipo do apartamento, mas todos tinham 2 dormitórios, 1 sala, 1 cozinha, 1 banheiro e 1 área de serviço. Segundo recomendação da Caixa Econômica Federal (2002, p. 26) o número de assentos no sofá ou cadeiras da mesa de almoço e jantar deveria ser o mesmo número de leitos do apartamento, e nesse caso, o número de leitos é 4 (duas pessoas no dormitório principal, na cama de casal, e duas pessoas no outro dormitório, uma em cada cama de solteiro).

Da amostra, 73,9% dos apartamentos possuem até quatro moradores, portanto a princípio 26,1% da amostra têm maior número de pessoas que a habitação comporta (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Número de moradores por apartamento (283 respostas).

Fonte: TRAMONTANO, 2006.

O tipo de composição familiar também foi perguntado ao entrevistado. Na maioria dos casos, 56,7% da amostra, o grupo familiar era formado por: pai, mãe filhos e outros parentes. Um dado interessante e significativo foi o grupo tendo a mãe como chefe da família: 20,9% da amostra (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Composição familiar (282 respostas).

Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Em relação à satisfação quanto ao apartamento, 63,2% dos respondentes consideram bom o apartamento onde moram, 38,9% consideram a mesma resposta em relação ao edifício em quem moram e 47,7% também consideram bom o conjunto habitacional em que moram. Dos usuários do Telecentro, 85% classificam-no como bom (Gráfico 8).

Gráfico 8 - Satisfação quanto a... (41 respostas ou mais).
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Mais da metade dos entrevistados considera confortável o apartamento em que mora (Gráfico 9).

Gráfico 9 - Conforto do apartamento (240 respostas).
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Sobre a percepção da qualificação do apartamento, mais de 58% consideram boa a iluminação natural, a iluminação artificial, a temperatura no verão e a ventilação. Sobre a temperatura no inverno 34,8% consideram ruim (Gráfico 10).

Gráfico 10 - Qualificação do apartamento (279 respostas ou mais).
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Sobre o tamanho dos ambientes pelo menos 46,5% da amostra consideram no mínimo boas as dimensões de todos os cômodos. Cerca de 30% da amostra consideram ruim o tamanho dos dormitórios e da área de serviço, e cerca de 20% também consideram ruins o tamanho da sala e do banheiro. Em torno de 15% da amostra consideram ruim o tamanho da cozinha e do apartamento como um todo. Pelo menos 60% da amostra consideram bom o tamanho do apartamento (Gráfico 11).

Gráfico 11 - Tamanho dos ambientes do apartamento (283 respostas ou mais).
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Perguntados a opinião quanto à adequação dos ambientes, pelo menos mais de 42% da amostra consideraram o local de passar roupa, o local de estudo, o espaço dos móveis e a privacidade como adequados. Cerca de 73% da amostra consideraram adequado o espaço de assistir televisão. A maioria não opinou sobre o espaço de uso do computador pelo fato de não possuir o equipamento (Gráfico 12).

Gráfico 12 - Opinião sobre a adequação dos ambientes (273 respostas ou mais).
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

A percepção do barulho nos apartamentos é considerada insuportável para pouco mais de um quarto da amostra (27,8%), sendo que quase dois terços da amostra (63,69%) declaram que a origem do barulho provém de apartamentos do mesmo prédio. Pouco mais de um quarto da amostra (25,7%) declara que o barulho vem de áreas externas (Gráficos 13 e 14).

As respostas e as anotações dos entrevistadores no formulário do questionário indicam que o isolamento acústico entre apartamentos é insuficiente, além da grande incidência da prática cultural daquela população em ouvir música pelo rádio em níveis elevados de som, o que contribui para a percepção de o ruído ser maior pelos vizinhos.

Gráfico 13 – Percepção do ruído (216 respostas).

Fonte: TRAMONTANO, 2006.

As razões para a percepção de ruído classificada por “insuportável” (27,8%) e “suportável” (38,0%) referem-se em grande parte aos apartamentos vizinhos. Aproximadamente um quarto (25,7%) da amostra declara que o ruído provém de áreas externas comuns ou públicas.

No Gráfico 14 o item “apartamento de cima” se refere a ruídos perceptíveis pela abertura da janela, e não pelo teto do apartamento, que já tem previsto outro item percentual.

Gráfico 14 – Origem do barulho.

Fonte: TRAMONTANO, 2006.

As maiores indicações de patologias na construção foram em relação ao teto do apartamento; 20% apontaram problemas na pintura do teto (Gráfico 15).

Gráfico 15 – Patologias da construção.

Fonte: TRAMONTANO, 2006.

4.4 Análises da consulta ao real

4.4.1 Croquis selecionados e registros fotográficos

A estratégia escolhida foi comparar e analisar desenhos (croquis), registros fotográficos e gráficos tabulados a partir do questionário aplicado para medir a satisfação de moradores (ver Anexo 2), tomados *in loco* em cada apartamento, com o objetivo de identificar padrões de composição do mobiliário e usos, buscando apontar melhorias funcionais.

Os croquis da disposição do mobiliário nos apartamentos foram feitos à mão por membros da equipe de pesquisadores do COL, utilizando uma cópia impressa da planta baixa arquitetônica como referência para desenhar os móveis e outros elementos, em escala aproximada. Em alguns croquis anotaram-se também as medidas dos móveis e entre os móveis – os 33 croquis mencionados –, as quais foram aferidas com uma trena.

Dos 288 questionários considerados, foram feitos 242 croquis, sendo 175 croquis da Área de Controle e 67 são da Área de Intervenção.

Portanto, dos 74 questionários aplicados na Área de Intervenção, foram feitos 67 croquis⁶³, como mostrado na Tabela 5:

Tabela 3 – Apartamentos da Área de Intervenção dos quais foram feitos croquis.

	Condomínio									
	Araucária			Eucalipto			Ipê			
	Bloco			Bloco			Bloco			
Apt.	R	S	T	R	S	T	R	S	T	Total
12	x		x	x	x					4
14	x		x		x	x				4
16									x	1
18	x				x					2
22							x			1
24	x	x			x			x	x	5
26	x						x			2
28	x					x			x	3
32		x			x		x	x		4
34						x		x		2
36	x		x				x	x		4
38				x	x			x		3
42		x					x		x	3
44	x	x	x		x		x			5
46			x		x	x	x	x		5
48	x		x	x	x				x	5
52						x	x		x	3
54		x				x	x	x	x	5
56	x								x	2
58		x		x	x			x		4
Total	10	6	6	4	10	6	9	8	8	67

Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Grande parte dos croquis foram feitos na etapa da pesquisa COL onde as Áreas de Intervenção e Controle antigas ainda eram válidas (TRAMONTANO, 2005). Nessa fase a folha suporte com a planta baixa tinha escala reduzida e, portanto, apresentava pouco detalhamento. O desenhista, por sua vez, eventualmente anotou medidas nos croquis, porém não o fez como um procedimento para todos os casos. De modo geral priorizou-se registrar o arranjo físico em escala aproximada e proporcional. O registro desses croquis contribuiu para o reconhecimento dos diferentes arranjos físicos apresentados nos apartamentos, bem como o mobiliário encontrado, o que permitiu a análise dos ambientes sala e cozinha (itens 4.4.3 e 4.4.4).

⁶³ Equipe da pesquisa COL que desenhou os croquis: Amanda Veríssimo (8 croquis: Ipê 24S, 32S, 34S, 36S, 38S, 46S, 54S e 58S), Clarissa Ribeiro (9 croquis: Ipê 22R, 26R, 32R, 36R, 42R, 44R, 46R, 52R e 54R), Íris Gonçalves (8 croquis: Ipê 16T, 24T, 28T, 42T, 48T, 52T, 54T e 56T), Marcelo de Paula Ferreira (29 croquis: Araucária 14R, 18R, 24R, 26R, 28R, 44R, 24S, 42S, 44S; Eucalipto 12R, 38R, 48R, 58R, 12S, 14A, 18S, 24S, 32S, 38S, 44S, 46S, 48S, 58S, 14T, 28T, 34T, 46T, 52T e 54T), Renata Siqueira (4 croquis: Araucária 48R, 32S, 54S, 58S e 48T). Os croquis Araucária 12R, 36R, 56R, 12T, 14T 36T, 44T e 46T não continham a identificação do desenhista.

Dos 214 questionários aplicados na Área de Controle, 175 croquis também foram feitos a partir dos apartamentos visitados, como mostrado na Tabela 4:

Tabela 4 - Apartamentos da Área de Controle dois quais foram feitos croquis.

Apt.	Condomínio																Total	
	Cipreste			Jacarandá			Paineira		Peroba		Salgueiro		Sequóia		Sibipiruna			
	Bloco			Bloco			Bloco		Bloco		Bloco		Bloco		Bloco			
R	S	T	R	S	T	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	
12		x		x		x			x	x				x		x		7
14	x	x	x	x	x	x			x					x	x			9
16	x	x			x			x				x			x	x		7
18		x	x		x	x	x					x	x	x			x	9
22		x	x		x	x		x		x				x	x	x		9
24	x	x	x	x		x							x				x	7
26		x						x					x	x	x	x		6
28	x			x	x					x	x	x	x		x	x		10
32			x					x		x		x	x	x	x			7
34	x					x				x				x		x	x	6
36	x	x	x	x	x	x		x	x				x	x	x		x	12
38		x	x	x		x	x			x		x				x	x	9
42	x	x			x					x	x	x	x	x	x			9
44		x		x	x	x				x						x		6
46	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x		13
48		x	x			x	x			x	x	x			x		x	9
52	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x			12
54	x	x	x	x		x		x				x		x		x		9
56	x		x		x		x	x					x	x		x		8
58		x	x	x	x	x				x			x	x	x	x	x	11
Total	11	16	14	11	12	14	6	8	11	7	9	11	14	12	12	7		175

Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Dos 67 croquis da Área de Intervenção, 33 croquis permitem uma análise mais detalhada do dimensionamento funcional, por estes possuírem informação mais completa das medições dos móveis e entre os móveis, como dito anteriormente. O restante foi desenhado em escala aproximada com poucas medidas. Portanto, privilegiaram-se os croquis com dimensões anotadas por proporcionarem maior precisão do limitado espaço interno e relacionarem-se diretamente com o objeto do estudo: o dimensionamento funcional da habitação.

Em relação aos tipos dos apartamentos consideradas no presente trabalho (ver Anexo 2) têm-se 140 unidades com tipo 1 e 102 unidades com tipo 2.

O tema da compactação da habitação é uma realidade, sobretudo em países emergentes como o Brasil (LOPES, 2006, p. 16 e RIFRANO, 2006, p. 17). O congestionamento na habitação pode ser verificado por meio dos índices: área construída por morador, número de pessoas por dormitório ou número de pessoas por cômodo (FOLZ, 2003, p. 74 e RIFRANO, 2006, p. 91). O planejamento da habitação possibilita minimizar a ocorrência de obstruções nos ambientes da habitação (BOUERI e PASCHOARELLI, 2000, p.76 e 77).

No mercado mobiliário há uma variação extensa de dimensões e de modelos de mobiliário, o que condiciona o espaço ocupado pelo móvel e seu espaço de uso, além de combinar e compartilhar o espaço com outros móveis. A usabilidade⁶⁴ do móvel, portanto, está relacionada às restrições espaciais do projeto arquitetônico da habitação social: cinco centímetros a mais ou a menos ocasionam diferenças decisivas na escolha do mobiliário, pois, por exemplo, uma cama de casal poderia não proporcionar um uso adequado ou até mesmo não caber em um determinado dormitório (ORNSTEIN, BENEVENTE e FERREIRA, 2006, p. 2).

A tendência de miniaturização dos espaços das habitações sociais sugere que o espaço do ambiente seja concebido com a maior quantidade de informações possíveis sobre o arranjo físico do mobiliário e características do próprio móvel, considerando um extenso número de opções de dimensões e modelos (de mobiliário), para a escolha dos que melhor se adaptam ao ambiente projetado (CANTERO, 2004, p. 29).

Dos 33 croquis com medições mais detalhadas selecionou-se 12 para ilustrarem arranjos físicos dos apartamentos visitados. Alguns registros fotográficos escolhidos para complementar as informações (ver Anexo 4).

Optou-se em escanear o croqui desenhado para preservar o mais fiel possível o registro manual do pesquisador, no momento do levantamento de campo. Considerou-se que a digitalização em programa computacional *CAD* seria uma interpretação do registro feito e, portanto, daria margem a uma segunda versão da percepção do espaço do apartamento.

O traço contínuo na cor vermelha e os pontos nas cores azul, verde, amarelo e vermelho se referem ao estudo de fluxos de pessoas, como mencionado, levando em consideração as restrições de acesso devido à falta de espaço para passagem. A linha vermelha não indica o único trajeto possível para se passar por entre o mobiliário, e sim uma direção de fluxo possível. O objetivo é destacar eventuais pontos de estrangulamento de passagem seguindo um critério definido, buscando avaliar a quantidade de pontos no interior do apartamento que apresentam problemas de trânsito de pessoas com diferentes graus mobilidade, para solucionar, se possível, os pontos críticos existentes, alternando

⁶⁴ Característica de uso adequado e seguro do mobiliário.

móveis com dimensões menores, se possível. Em situações intermediárias optou-se por combinar a classificação das cores da simbologia. Por exemplo, espaços de passagem com menos de 40 centímetros (PANERO e ZELNIK, 1983, p. 266), dependendo do grau de mobilidade da pessoa – faixa etária ou pessoa com deficiência – e a configuração do mobiliário no local da passagem, este ponto pode tornar-se intransponível. Nessas condições a classificação do ponto é intermediária entre passagem andando lateralmente, ou seja, dificuldade de passagem, e a possibilidade de acesso somente com o alcance das mãos.

A seguir apresenta-se um exemplo de croqui em planta baixa. Os croquis 2 a 12 encontram-se no Anexo 3. O apartamento do Croqui 1 tem grade interna na porta de entrada do ambiente sala.

Croqui 1 – Planta baixa com arranjo físico e indicação de mobilidade.
 Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Marcelo Ferreira

Há 33 centímetros entre o guarda-roupa e a cama de casal no dormitório adjacente à sala, o que dificulta a abertura das portas do próprio guarda-roupa (RIFRANO, 2006, p. 94). Segundo a ABNT NBR 15575-1 (2008, p. 27), o espaço de circulação mínima entre o mobiliário do ambiente dormitório de casal é de

0,50 metros. No outro dormitório utilizou-se o artifício de pendurar o aparelho de TV para livrar o espaço de um móvel necessário para acomodar o equipamento. Essa solução se repete em outros apartamentos. Os outros croquis encontram-se no Anexo 3. As fotos 4, 5, 6 e 7 mostram exemplos de ambientes de diferentes apartamentos.

Foto 4 – Ambiente sala
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 5 – Ambiente Cozinha
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Pode-se observar que em uma unidade habitacional totalmente equipada – com o conjunto dos objetos domésticos necessários às atividades humanas de moradia – de modelo geral todos os espaços são ocupados. Situação previsível e desejável exceto quando os espaços de uso não atendem devidamente às manobras de movimentação do morador usuário.

Foto 6 – Ambiente dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 7 – Ambiente banheiro
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Nas fotos de 8 a 13, localizadas no Anexo 4, mostram o ambiente sala em vários ângulos, porém de diferentes unidades habitacionais. Pode-se notar a intensa

ocupação do espaço (fotos 8, 10 e 12) em alguns casos, chegando inclusive a prejudicar a mobilidade entre os ambientes e a utilização de alguns móveis.

As fotos de 14 a 21, também localizadas no Anexo 4, mostram diferentes ângulos do ambiente dormitório (seja de casal, seja de solteiro) em mais de uma unidade habitacional. Em algumas situações a distância da cama até o guarda-roupa é insuficiente para a abertura da porta desse móvel, como no caso da Foto 15. Ocorre também em outras situações a impossibilidade de abertura total da porta devido ao posicionamento do mobiliário, como indicado na Foto 21. Na Foto 20 pode-se observar o aproveitamento do espaço acima do mobiliário cama para a colocação de armários.

As fotos 22 a 28 (Anexo 4) mostram o ambiente cozinha em diferentes unidades habitacionais. As fotos 22, 24 e 28 sugerem uma área maior de bancada para acomodar os utensílios domésticos típicos do ambiente cozinha.

As fotos 29 a 33 (Anexo 4) mostram o ambiente área de serviço em diferentes unidades habitacionais. Pode-se notar a dificuldade de acomodação dos equipamentos varal (Foto 30) e botijão de gás (Foto 31) em um ambiente já contendo os equipamentos tanque e máquina de lavar (fotos 29 e 33).

As fotos 34 a 38 (Anexo 4) mostram o ambiente banheiro em diferentes unidades habitacionais. A Foto 34 ilustra uma alteração da disposição da peça sanitária vaso com caixa acoplada (foi o único caso encontrado). A Foto 38 ilustra o posicionamento da peça sanitária lavatório do lado de fora do ambiente banheiro propriamente dito; essa situação se repete em muitos outros casos.

Os móveis com seus respectivos espaços envoltórios de utilização poderão definir a área do compartimento que abrigará os mesmos (LAPETINA, 2007, p. 6).

A análise do dimensionamento funcional também pode contribuir para justificar a proposta de um Programa de Necessidades com maior nível de detalhamento em novos projetos de habitações sociais. Tal detalhamento se refere à identificação exaustiva de usos e funções dos ambientes da moradia, bem como as alternativas de mobiliário popular e suas dimensões para obter maior precisão no estabelecimento das áreas privativas no projeto arquitetônico. Em muitos casos, como indicado na Foto 32, esse ambiente é utilizado como área de depósito de

utensílios domésticos, o que pode ocasionar o congestionamento de passagem do mesmo.

4.4.2 Fluxos e restrições de acesso de pessoas

Dos croquis elaborados, 33 continham maior detalhamento quanto às medidas de disposição do mobiliário. Desses 33 selecionou-se 12 croquis (Croqui 1 e croquis do Anexo 3), no qual foram mapeados os possíveis fluxos de pessoas por entre a disposição do mobiliário (indicados com traço contínuo na cor vermelha). Sobre o traço representativo do fluxo colocou-se pontos indicativos dos níveis de restrição de acesso, de acordo com a Tabela 5 a seguir, considerando as indicações de medidas do próprio croqui e o arranjo físico apresentado.

Os pontos de restrição de acesso ou ponto de estrangulamento de passagem⁶⁵ foram classificados por cores, sendo: a cor azul indica 80,00 centímetros, com possibilidade de passagem de cadeira de rodas; a cor verde indica 60,00 centímetros, aproximadamente a largura para uma pessoa atravessar andando de frente; a cor amarela indica 40,00 centímetros, aproximadamente a distância para uma pessoa atravessar lateralmente uma passagem⁶⁶; e a cor vermelha indica 20,00 centímetros, com possibilidade de alcançar com as mãos um objeto, estando praticamente impossibilitada a passagem.

A intenção na escolha das cores foi permitir uma rápida apreensão da informação de que aquele ponto de passagem foi classificado conforme a restrição estabelecida, além de permitir um mapeamento da evolução do espaçamento ao percorrer a unidade habitação. A cor vermelha representaria um ponto crítico com impossibilidade de passagem e por esse motivo denominou-se de “alcance das mãos”; a cor amarela representaria um ponto de atenção onde a passagem de pessoas é dificultada e denominou-o como “pessoa andando lateralmente”; a cor verde representaria um ponto onde não existem obstáculos e nem esforço extra para uma pessoa atravessar; a cor azul representaria a possibilidade de cadeira de rodas atravessar ou manobrar naquele ponto. Para avaliar os

⁶⁵ O estabelecimento do critério de restrição de passagem baseou-se nos espaços de circulação horizontal apresentado por Panero e Zelnik (1983, p. 265-270).

⁶⁶ Em muitos apartamentos visitados encontraram-se várias situações de passagens obstruídas, devido à disposição de objetos volumétricos. Por isso, optou-se somente no caso específico dessa pesquisa, em classificar um item de restrição de passagem denominado “pessoa andando lateralmente”. Obviamente que tal situação é indesejável e não faz parte do Programa de Necessidades de novos projetos.

diferentes níveis de restrição de acesso foi criada uma tabela de classificação (Tabela 5)

Tabela 5 – Classificação de restrições de passagem

Acesso	Nível de Restrição (cm)	Simbologia
Cadeira de rodas	80
Pessoa andando de frente	60
Pessoa andando lateralmente	40
Alcance das mãos	20

Fonte: Autor da dissertação

A Tabela 6 apresenta a quantidade de pontos por tipo de atividade no caso de cada ambiente e no apartamento como um todo dos 33 croquis mais detalhados.

Tabela 6 – Quantificação de pontos por tipo de atividade em cada ambiente e no apartamento

	Sala					Dormitório 1					Dormitório 2					Cozinha					Banheiro					Área de Serviço					Apartamento					
Croqui	Cadeira de rodas	Pessoa andando de frente	Pessoa andando lateralmente	Pessoa andando lateralmente / Alcance das mãos		Cadeira de rodas	Pessoa andando de frente	Pessoa andando lateralmente	Pessoa andando lateralmente / Alcance das mãos		Cadeira de rodas	Pessoa andando de frente	Pessoa andando lateralmente	Pessoa andando lateralmente / Alcance das mãos		Cadeira de rodas	Pessoa andando de frente	Pessoa andando lateralmente	Pessoa andando lateralmente / Alcance das mãos		Cadeira de rodas	Pessoa andando de frente	Pessoa andando lateralmente	Pessoa andando lateralmente / Alcance das mãos		Cadeira de rodas	Pessoa andando de frente	Pessoa andando lateralmente	Pessoa andando lateralmente / Alcance das mãos		Quantidade de pontos					
1	1	1	1			1		2	1		1	1		1				2	1	2					1	2			5	6	8	2	0	21		
2	1	2						1	2		1	2		2	1			3	1			1	2			4	9	4	2	0	19					
3	1		2		1	1	1			1		2	1			3		2	1				2	1		5	5	6	1	2	19					
4		3						1			1		1		1		2	1				1	2			3	8	4	2	0	17					
5	1	2	1			2			1	1		1	1			1	1	1			2	1			4	8	5	0	0	17						
6		1	1		1		1	1		2		2	1			1		2				2	2		1	1	7	7	0	4	19					
7		2	1			2					1	2				2	2		1		2	1			2	2	11	4	0	2	19					
8	1	1	1			2	1				1			2	2		2	2			2	1			2	8	7	0	0	17						
9		3						3					3				2	2				2			0	6	13	0	0	19						
10	1	2						2	1		1	1		1			2	1			2	1			1	8	6	1	1	17						
11	1		2			1	1	1			2			1				3			1	2			1	5	10	1	1	18						
12		1	2					3			1	2		1		1	2		2			3	2		2	1	7	12	0	0	20					
13	2			1		2	1				1	1		1	3		3	1			2	1			0	11	7	1	1	20						
14	1	1				2	1				1	2		1		1	2	1		1		2	1		2		8	7	0	1	18					
15	1	2				1	1			1		2		1	1	2		1			1	2			3	8	5	0	3	19						
16	2	1			1	1	1			3			4			1	2			1		2	1		3	4	6	8	0	5	23					
17	1	1	1					2	1	1		1	2			1	1		2		2	1			1	1	2	5	9	1	2	19				
18	1	1	1			1	1			2		2		1	1	1	1	1			2	1			3	3	7	6	1	4	21					
19	1		1			1	1	1		1			4			3	1	1		1		3	1			3	4	5	11	0	2	22				
20		1	1	1		1	2		1	1	2					1	3				2	1			1	1	2	9	5	2	1	19				
21	1	2			1			4		1			2	1		1	2	3			2	1			1	2	2	7	12	1	2	24				
22		2		1		1			1	1	2					3	1				1	1	2		2	8	6	4	0	20						
23	1	2				2	1	1			1	2				3	3				1	1		1	6	10	6	0	1	23						
24	2	2				1	3		1	2		2				3	2				2	1			1	2	7	8	8	0	1	24				
25		3				3					1	1				3		1			2	1			1	2	7	7	4	0	0	18				
26	2		1	1			1	1	2		1		1	1		1	2	1			1	1	1		1	1	4	5	6	6	0	21				
27	1	2		1			1	1	2		1	1	1			1	2	1		1		2	1			3	3	8	7	3	1	22				
28	3		1	1			2	1		1	1	1				2	3				2	1			2	1	6	10	4	1	1	22				
29		2	2				2	2				1	3			1		2			3	1			1	1	1	1	9	11	1	0	22			
30	1	1	1				1	2			2			1		2	2				2	1			2	1	5	8	5	1	0	19				
31		4			1	1	1	1			1	1	1		2		1				2	1			2	1	3	8	6	2	1	20				
32	2					1	1	1			1	1	1			2	1				2	1			1	1	5	6	4	1	0	16				
33	1	2			1	1	2	1			1	1	1		1	1	1	1	2		2	1			1	2	4	7	7	2	3	23				
	28	49	20	6	6	17	27	40	13	15	14	30	42	8	6	45	45	35	1	8	0	68	38	1	0	0	29	55	7	4	104	248	230	36	39	657

Fonte: Autor da dissertação

Em alguns casos, a partir do mobiliário desenhado e segundo as referências dimensionais apresentada por Panero e Zelnik (1984, p. 266-270), o espaço de passagem constatado entre os valores 20 e 40 centímetros foram colocados em um mesmo ponto da simbologia nas cores amarelo e vermelho, indicando a dificuldade de trânsito.

A cor cinza da Tabela 6, anterior, indica situações que se julgou de baixa qualidade funcional devido à dificuldade de passagem e/ou acesso para aquele ambiente específico.

Comparativamente existem poucos pontos com possibilidade de passagem de cadeira de rodas (LOPES, 2006, p. 128).

Traçar os fluxos indicando os pontos de restrição de passagem permite ao arquiteto verificar eventuais problemas de circulação de pessoas no interior do apartamento.

Elegeu-se os ambientes sala e cozinha para comparação e verificação de padrões de arranjo do mobiliário, isto é, pois apresentam arranjos físicos com maior incidência. O ambiente cozinha desponta com grande importância na habitação por agregar grande parte dos serviços e por ser de maior custo (KENCHIAN, 2005, 49).

Em relação aos outros ambientes da unidade habitacional do tipo 1 analisada (ver Anexo 2), verificou-se que o dormitório 1 e o dormitório 2 alternavam o uso entre dormitório de casal e dormitório de solteiro, e em muitos dos quais não foram encontrados os móveis listados no manual da Caixa Econômica Federal (2002, p. 26); a partir dessa constatação considerou-se que esses ambientes não estavam equipados adequadamente (FOLZ, 2003, p. 79).

As figuras 8, 9 e 10 ilustram os principais arranjos físicos encontrados do ambiente dormitório⁶⁷, contendo o mobiliário cama de casal. Observa-se que um pequeno aumento da dimensão do mobiliário pode acarretar dificuldades de circulação no ambiente. Outros exemplos de arranjos físicos do ambiente dormitório encontram-se no Anexo 5.

⁶⁷ Como mencionado, não foram quantificados os diferentes arranjos físicos dos ambientes dormitório 1 e dormitório 2 devida a grande parte não estarem devidamente equipados, segundo a relação de mobiliário da Caixa Econômica Federal (2002, p. 26).

Figura 8 – Exemplo de croqui com arranjo físico do ambiente dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 9 – Exemplo de croqui com arranjo físico do ambiente dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 10 – Exemplo de croqui com arranjo físico do ambiente dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Os ambientes banheiro e área de serviço, por possuírem dimensões suficientes e precisas – segundo um determinado critério de projeto – para acomodar as peças sanitárias e os equipamentos, e por seu posicionamento no ambiente estar condicionado às prumadas de dutos de água, não foram verificadas alterações significativas a ponto de se comparar estatisticamente diferentes arranjos físicos. Os exemplos de croquis dos ambientes banheiro e área de serviço encontram-se no Anexo 5.

4.4.3 Análise do ambiente sala

Para a análise dos ambientes sala e cozinha foram considerados 242 croquis, sendo 175 da Área de Controle e 67 da Área de Intervenção. Dos 175 croquis da Área de Controle, 74 são de planta baixa do tipo 1 e 101 são de planta baixa do tipo 2 (ver Anexo 2).

Os apartamentos dos condomínios Cipreste, Jacarandá, Paineira (alguns) e Peroba têm planta baixa na tipologia 2. Portanto há 140 croquis da planta baixa do tipo 1 e 102 croquis da planta baixa do tipo 2.

A seguir são apresentadas 9 variações dos arranjos físicos do ambiente sala⁶⁸ (indicações AFS1, AFS2, AFS3, AFS4, AFS5, AFS6, AFS7, AFS8 e AFS9⁶⁹, ver

⁶⁸ O mobiliário é apenas ilustrativo dos diferentes arranjos físicos, não reproduzindo nem as dimensões reais nem os modelos dos originais dos croquis.

tabela 4) com pelo menos duas incidências na amostra. Os arranjos físicos com somente uma incidência foram considerados como exceções (indicação AFSE na tabela 7). Dos 300 apartamentos de planta baixa do tipo 1 foram considerados 140 arranjos físicos, sendo 9 exceções.

A maior incidência é do arranjo físico ilustrado na Figura 11 com 58 repetições, seguido pelo arranjo físico ilustrado na Figura 12 com 22 repetições; o arranjo físico ilustrado na Figura 13 com 25 repetições. Os demais arranjos físicos do ambiente sala são ilustrados nas figuras 77 a 82 do Anexo 5 (ver Tabela 7).

No ambiente sala há três conexões (portas ou aberturas) com outros ambientes. Por estarem em posições opostas, o fluxo de passagem no ambiente ocorre transversalmente, o que demanda maior área de circulação e, conseqüentemente, diminui as possibilidades de arranjo físico.

Figura 11 – Arranjo Físico 1 Sala AFS1
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 12 – Arranjo Físico 2 Sala AFS2
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 13 – Arranjo Físico 3 Sala AFS3
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Os valores percentuais das quantidades dos diferentes arranjos físicos são mostrados a seguir (Figura 14).

⁶⁹ A sigla AFS significa “arranjo físico da sala” e AFC significa “arranjo físico da cozinha”, seguido de um número seqüencial do arranjo físico correspondente. AFSE significa “arranjo físico da sala - exceção” e AFCE significa “arranjo físico da cozinha - exceção”

Figura 14 – Incidência dos arranjos físicos do ambiente sala

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação baseando-se em dados de TRAMONTANO, 2006

A seguir é apresentada a Tabela 7 com a quantificação dos diferentes arranjos físicos do ambiente sala.

Tabela 7 – Quantificação das tipos do arranjo físico do ambiente sala⁷⁰

Condomínio																		
Apt.	Araucária			Eucalipto			Ipê			Paineira		Salgueiro		Sequóia		Sibipiruna		Arranjo Físico
	Bloco			Bloco			Bloco			Bloco		Bloco		Bloco		Bloco		Nº
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	R	S	R	S	R	S	
12	AFS1		AFS5	AFS7	AFS3									AFS1				AFS1
14	AFS1		AFS2		AFS3	AFS1								AFS1	AFS3	AFS1		AFS1
16									AFS2			AFS1			AFS1	AFS1		AFS1
18	AFS3				AFS2					AFS1		AFS3	AFS2	AFS5				AFS4
22							AFS2							AFS1	AFS3	AFS1		AFS1
24	AFS1	AFS6			AFS1		AFS1	AFS1		AFS3			AFS4					AFS1
26	AFS2						AFS1						AFS4	AFS2	AFS1	AFS1		AFS2
28	AFS2					AFS2			AFSE			AFSE	AFS3		AFS8	AFS1		AFS3
32		AFS1			AFS1		AFSE	AFS5				AFS8	AFS3	AFS2	AFS3			AFS3
34						AFS3		AFS1			AFS1			AFS2		AFSE	AFSE	AFSE
36	AFS1		AFS2				AFS2	AFS1					AFS3	AFS5	AFS1		AFS2	AFS2
38				AFS1	AFS1			AFS1		AFS3		AFS1				AFS1	AFSE	AFSE
42		AFS1					AFS3		AFSE			AFS4	AFS3	AFS1	AFS2			AFS3
44	AFS4	AFS1	AFS1		AFS1											AFS6		AFS3
46			AFS1		AFS2	AFS1	AFS1	AFSE		AFS1		AFS1	AFS1	AFS3	AFS6	AFS3		AFS3
48	AFS1		AFS2	AFS1	AFS3				AFS4	AFS1		AFS1				AFS3		AFS3
52						AFSE	AFS4		AFS4		AFS4		AFS1	AFS2	AFS1			AFS3
54		AFS2				AFS1	AFS9	AFS1	AFS5		AFS3	AFS1		AFS7		AFS6		AFS6
56	AFS5								AFS1	AFS3				AFS1	AFS1		AFS3	AFS3
58		AFS2		AFS1	AFS2			AFS3						AFS4	AFS2	AFS9	AFS1	AFS3
	10	6	6	4	10	6	8	8	8	5	4	9	11	14	12	12	7	

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação baseando-se em dados de TRAMONTANO, 2006

O arranjo físico 1 ocorre com maior frequência apesar da dificuldade dos dois sofás estarem dispostos em “L”, impedindo sua utilização plena, pois compromete o acesso a um trecho do sofá.

⁷⁰ Na totalização foram considerados somente apartamentos do tipo 1.

Pouco mais de um quarto dos entrevistados, 27,2% (ver Gráfico 11), considera o ambiente sala ou ruim ou péssimo. Qual seria então o arranjo físico mais satisfatório nesse caso? Poder-se-ia apontar alguns dos arranjos físicos levantados na amostra, como mais adequados do ponto de vista espaço-funcional, porém, dependendo das dimensões dos móveis existentes e o posicionamento da televisão, pode-se recair em uma preferência pessoal do(s) morador(es).

4.4.4 Análise do ambiente cozinha

No ambiente cozinha encontrou-se maior número de variações⁷¹. Também aqui se considerou um arranjo físico recorrente, ou seja, quando ocorre mais de uma vez. Os arranjos físicos com apenas uma ocorrência são classificados como “exceção” (indicação AFCE da Tabela 8).

Figura 15 – Arranjo Físico Cozinha (AFC1)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 16 – Arranjo Físico Cozinha (AFC2)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 17 – Arranjo Físico Cozinha (AFC3)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Os outros arranjos físicos do ambiente cozinha encontram-se no Anexo 5.

No caso do arranjo físico do ambiente cozinha ocorreu maior incidência de exceções do que padrões, o que demonstra grande variedade de disposições do mobiliário, com baixa identificação de padrões.

Segundo a amostra, 20,9% dos entrevistados (ver Figura 18) consideram ou ruim ou péssimo o tamanho do ambiente cozinha, indicando que a maioria dos entrevistados consideram pelo menos “razoável” as dimensões do ambiente.

⁷¹ O mobiliário utilizado nos exemplos de arranjo físico são meramente ilustrativos para indicar a disposição dos móveis e não suas dimensões.

A disposição do fogão, da pia e da geladeira semelhante a um triângulo, em planta, facilita a manipulação de alimentos, portanto pode-se concluir que os arranjos físicos AFC3, AFC5, AFC6, AFC7 e AFC8 são funcionalmente melhores segundo esse critério, somando somente 23,56% da amostra (KENCHIAN, 2005, p. 175-176; DAL BELO, 2006, p. 258).

Segue a distribuição percentual (Figura 18):

Figura 18 – Incidência dos arranjos físicos do ambiente cozinha

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação baseando-se em dados de TRAMONTANO, 2006

Nas figuras 15, 16 e 17 e nas figuras 83 a 96 do Anexo 5 pode-se observar que a variação de arranjo físico do ambiente cozinha, em número, é elevada. Aspecto que pode ser considerado como positivo, pois permite diferentes alternativas de disposição do mobiliário e equipamento. Cerca de um terço dos arranjos físicos são únicos, ou seja, têm apenas uma ocorrência na amostra de 140 croquis.

A seguir é apresentada a Tabela 8 com a quantificação dos diferentes tipos de arranjos físicos do ambiente cozinha.

Tabela 8 – Quantificação das tipologias do arranjo físico do ambiente cozinha⁷²

5 Manipulação geométrica vetorial digital

"Não são os grandes planos que dão certo;
são os pequenos detalhes"
Stephen Kanitz

Como visto no Capítulo 2, adotar uma metodologia de projeto é uma disposição em enquadrar procedimentos que resultem em um projeto "controlado" dentro de parâmetros definidos ou conhecidos. Seria como conceber o desenho de uma edificação seguindo-se um processo lógico. A partir do programa de necessidades da edificação, é possível estabelecer critérios lógicos para um projeto arquitetônico.

O termo "lógico" é utilizado propositalmente aludindo, em contrapartida, o caráter potencialmente criativo da arquitetura. Submeter-se a uma metodologia de projeto não necessariamente inibe o aspecto criativo, mas muito provavelmente torna previsível, em certos aspectos, o resultado. Por outro lado, é possível afirmar que sem metodologia não há processo lógico ou racional de projeto.

Admitindo-se composições lógicas, sob uma perspectiva metodológica estabelecida, é possível uma organização espacial sistemática de elementos volumétricos que atenda parâmetros definidos previamente.

A variação de intensidade de utilização de pré-definições de projeto leva a diferentes processos de concepção. Heath (1984, p. 145, 154 e 164) classifica as edificações em três tipos: "edificação mercadoria", "edificação simbólica" e "edificação sistêmica"⁷³, cujos exemplo são, respectivamente, conjunto habitacional da COHAB-SP, edificações do Memorial da América Latina (em São Paulo) e o terceiro tipo seria uma edificação hospitalar. O tipo investigado para resultar em pré-projeto arquitetônico a partir de um sistema computacional é "edificação mercadoria".

⁷³ Tradução do autor da dissertação. Expressões originais: *commodity building*, *symbolic building* e *system building*.

As adaptações espaciais, a partir do meio natural, para torná-lo adequado à satisfação de necessidades humanas socialmente definidas (SERRA, 2006, p. 33), são imaginadas em nível abstrato para posteriormente serem construídas. São manipulações geométricas que projetam uma realidade que ainda não existe. Os modelos representativos⁷⁴ são a edificação projetada. Em meio digital, no tratamento da informação de modelos representativos – ou informação modelada, ou modelagem da informação –, pode-se utilizar o conceito de vetor para a manipulação de elementos volumétricos. Tem-se, portanto, a manipulação geométrica vetorial digital.

O termo modelagem pode assumir diferentes significados dependendo do contexto no qual está inserido. Um exemplo de modelagem da informação pode ser visualizado na Figura 19, em que se organiza estruturadamente conceitos para indicar a relação entre esses. Destaca-se a expressão “modelagem geométrica” para tornar mais preciso o mecanismo de como o sistema opera.

Modelagem deriva de modelo, o qual “permite discutir quais são as características relevantes da realidade, em um processo de observação e/ou abstração” (IMAI, 2007, p. 64) que possam ser representadas.

Segundo Lancharro *et al* (1988, p. 1), informática “é a ciência que estuda o tratamento automático e racional da informação”, o que abre novas possibilidades para a comunicação.

A comunicação pressupõe a existência de pelo menos três entes: o emissor, o receptor e o meio de transmissão. O estabelecimento da comunicação ocorre ao efetivar-se a troca de informação, a qual subsiste em um meio que permite sua transmissão. Além disso, para a compreensão recíproca da informação é preciso que a linguagem seja conhecida por ambos os agentes (KALAY, 2004, 87-88).

A automação da informação foi possível a partir de estudos relacionados ao fenômeno elétrico, os quais permitiram o desenvolvimento e aproveitamento da energia elétrica. Entre outras importantes e conhecidas características, tem-se a possibilidade de transmitir a energia elétrica por meio de condutores, obtendo-se a corrente elétrica. A ciência que estuda a forma de controlar de modo preciso a

⁷⁴ Desenhos técnicos, projeto legal, projeto executivo, detalhes construtivos, tabelas, memorial descritivo, entre outros.

energia elétrica por meios elétricos denomina-se eletrônica. A possibilidade de transmissão e controle rigorosos da energia elétrica sugeriu a idéia de criar um sistema simbólico de troca de informação. Nesse contexto, o aprimoramento dos dispositivos eletrônicos culminou na computação eletrônica.

“Por questões de natureza técnica, os circuitos eletrônicos que compõem os computadores são projetados, na maioria dos casos, para reconhecer sinais elétricos do tipo digital; é necessário, portanto, que os métodos de codificação interna se baseiem no sistema binário e instruções que um computador executa” (LANCHARRO *et al*, 1988, p. 28).

A representação simbólica, decorrente do fenômeno elétrico, permitiu não apenas executar cálculos, mas também transmitir informações eletrônicas.

A aritmética computacional estabelece o modo como os números são representados em meio digital: o formato binário. O formato binário utiliza dois dígitos, 0 e 1⁷⁵, pelos quais é montada toda a cadeia de símbolos utilizada em um sistema computacional. Diz-se que o sistema binário⁷⁶ é de base 2, que é o número de dígitos do sistema. Aplica-se tanto para a aritmética de números inteiros⁷⁷ quanto para a de números de ponto flutuante⁷⁸ (LANCHARRO *et al*, 1988, p. 33 e 65-69; STALLINGS, 2002, p. 290).

A possibilidade de representação, de comparação e de cálculos em meio eletrônico – ou digital – viabiliza montar sistemas de tratamento geométrico de informação.

⁷⁵ Para o reconhecimento de envio de informação diferenciada pela corrente elétrica, entende-se os valores “zero” como sendo 0 volt e “um” como sendo 5 volts, onde “zero” seria o “desligado” e o “um” seria o “ligado”. Mais precisamente, essa representação em dois níveis de grandeza são valores nominais, ou seja, na realidade não são valores únicos e sim faixas de valores, prevendo pequenas variações da intensidade elétrica, para poder garantir o pleno funcionamento do sistema eletrônico.

⁷⁶ Nesse sistema um número pode ser representado por um conjunto de *bits* (*BIT*, contração de *Binary digit*, dígito binário). O conjunto de 8 *bits* é denominado *byte*.

⁷⁷ Supondo que o tipo de processamento de um computador seja por 32 *bits* (processamento de 32 unidades de informação por ciclo), haveria a possibilidade de representar um número em “2 elevado a 32” maneiras diferentes, ou 4.294.967.296 maneiras. Considerando os números inteiros (também denominados de ponto fixo, *fixed point*), positivos e negativos, teria-se a faixa de valores numéricos com representação entre -2.147.484.648 e 2.147.484.647.

⁷⁸ O ponto flutuante (*float point*) “surge da necessidade de representar números reais com uma faixa maior àquela propiciada pela ponto fixo e com o objetivo de permitir ao computador o tratamento de números extremamente grandes e extremamente pequenos. Esta vantagem que o ponto flutuante oferece tem sua contrapartida na diminuição da precisão dos números representados”.

A geometria⁷⁹ é a “ciência que investiga as formas e as dimensões dos seres matemáticos” (FERREIRA, 1995, p. 322). Seus conceitos foram inicialmente discutidos, de modo sistemático, pelo matemático grego Euclides, no texto denominado *Elementos*, escrito por volta de 300 a. C. (REZENDE e QUEIROZ, 2000, p. 13). Diz-se geometria euclidiana aquela baseada em postulados relativos a planos ou às três dimensões.

A teorização de relações geométricas e de elementos volumétricos utilizando definições matemáticas são instrumentos de compreensão e organização do espaço.

O filósofo e matemático francês René Descartes, em 1637, desenvolveu a síntese da álgebra⁸⁰ com a geometria euclidiana, gerando a geometria analítica e o sistema de coordenadas, o qual leva o seu nome: espaço cartesiano⁸¹.

A geometria analítica possibilitou tratar a geometria por meio de sistemas computacionais. Um computador é fundamentado em cálculos matemáticos e na comparação de valores numéricos. A representação gráfica em monitores de vídeo, impressoras ou qualquer outro dispositivo de saída de informações, está sujeita às instruções⁸² de cálculo dos componentes eletrônicos do *hardware* e os procedimentos formalizados em um algoritmo de programa de computador (*software*) para executar sequencialmente os comandos solicitados.

Para viabilizar a manipulação e o armazenamento dos elementos geométricos representativos de elementos volumétricos – simbolizando elementos arquitetônicos, mobiliário, peças sanitárias, entre outros –, por meio de um sistema computacional, utilizam-se conceitos matemáticos de geometria,

⁷⁹ A “geometria analítica” é a parte da geometria que investiga as propriedades das linhas, superfícies e volumes mediante expressões analíticas associadas a tais elementos; a “geometria descritiva” é a parte da matemática aplicada em que se representam e estudam os sólidos em planos; a “geometria elementar” é a parte da geometria que estuda as figuras planas que podem ser traçadas com régua e compasso, e os sólidos cujas seções são estas figuras; a “geometria euclidiana” é aquela em que se investigam as propriedades dos elementos geométricos em um espaço euclidiano; a “geometria não euclidiana” é a parte da geometria em que as investigações se conduzem em um espaço não euclidiano (FERREIRA, 1995, p. 322), como por exemplo, a geometria elíptica e a geometria hiperbólica.

⁸⁰ Parte da matemática que estuda as leis e processos formais de operações com entidades abstratas (FERREIRA, 1995, p. 30).

⁸¹ No texto a expressão espaço cartesiano será indicada somente por espaço, caso contrário será indicado quando necessário.

⁸² As instruções de um *hardware* são definidas pelo fabricante do sistema computacional.

traduzidos em geometria analítica para estabelecer uma linguagem comum entre o pensamento abstrato humano da forma geométrica e a capacidade do computador tratar equações geométricas.

5.1 Alguns conceitos matemáticos

Como bem colocado por Gregotti:

“Em uma primeira aproximação, feita a grosso modo, pode-se dizer que os sistemas de representação instaurados estão geralmente vinculados à estrutura do espaço euclidiano e à sua representação geométrica mediante projeções e seções, sistema que em certas circunstâncias apresenta importantes limitações.” (GREGOTTI, 1975, p. 31).

Na seqüência apresentam-se alguns conceitos⁸³ de matemática⁸⁴ e de geometria para a formulação de uma abordagem de tratamento e de manipulação de representações digitais de objetos volumétricos.

Um objeto volumétrico é um sólido tridimensional (GOMES e VELHO, 2008, p. 269) e será indicado por OV.

Uma reta é formada por pontos e não tem nem começo nem fim. Uma semi-reta inicia em um ponto e não termina. Um segmento de reta tem terminações em pontos distintos. Dois pontos definem uma reta, três pontos não colineares definem um plano.

A Geometria Analítica teorizou o posicionamento de um ponto no espaço utilizando três números reais, a partir do “triedo cartesiano”, uma das denominações indicativa das três dimensões consideradas nesse sistema (OLIVEIRA e SILVA, 1968, p. 404).

⁸³ O único objetivo de apresentar-se conceitos matemáticos em uma dissertação de Mestrado da área de Arquitetura e Urbanismo é apontar encaminhamentos utilizando-se o ferramental matemático já consolidado na literatura técnica, para possibilitar o devido tratamento geométrico em meio computacional eletrônico por meio de outras pesquisas acadêmicas. Não se pretende expor com rigor matemático, eventualmente necessário, os conceitos, e sim o seu correto entendimento e condizente com a teoria.

⁸⁴ Será utilizada a notação matemática indicada por Camargo e Boulos (2005, p. XIV e 4). Para indicação de um ponto será utilizada uma letra latina maiúscula, como por exemplo: “A”. Para a indicação de um vetor será utilizada uma letra latina minúscula em negrito, como por exemplo: “**u**” ou “ **$\vec{u}$** ”. O representante de um vetor pode ser indicado por: $\overrightarrow{AB}$ (os dois pontos formando um segmento de reta, com uma seta para a direita em cima).

Um vetor pode ser representado por um segmento de reta orientado que corresponde ao deslocamento de um ponto até outro ponto: um ponto A como ponto inicial ou origem, e um ponto B como ponto final ou extremidade (POOLE, 2004, p. 3). E também, vetor “é” uma flecha que pode ser colocada em qualquer posição do espaço, desde que se preservem seu comprimento, sua direção e seu sentido (CAMARGO e BOULOS, 2005, p. 5). Portanto, um vetor pode estar em qualquer posição do espaço. Para se especificar o posicionamento de um vetor no espaço, toma-se um segmento de reta orientado⁸⁵ para ser o representante do vetor e escolhe-se um ponto qualquer, a partir do qual se coloca o vetor. Um vetor $\vec{u}$ pode ser representado por $\overrightarrow{AB}$, e tem-se $\vec{u} = \overrightarrow{AB}$ ⁸⁶.

Denomina-se “base” a tripla ordenada⁸⁷ $E = (\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$, a qual permite descrever vetores por meio de números reais. Todo vetor é gerado por essa base, obtendo-se: $\vec{u} = a_1\vec{e}_1 + a_2\vec{e}_2 + a_3\vec{e}_3$. Os itens (a_1, a_2, a_3) são os números reais ou os escalares; também denominados tripla de escalares. Cada escalar dessa tripla é chamado coordenada de $\vec{u}$ em relação à base E (ou na base E) (CAMARGO e BOULOS, 2005, p. 52 e 53).

“Pontos e vetores são localizados usando-se três eixos coordenados, perpendiculares dois a dois, e que se encontram em uma origem”, a qual é identificada com a letra “O” (POOLE, 2004, p. 9). Utiliza-se a notação $A = (a_1, a_2, a_3)$ para representar um ponto A no espaço, cuja localização é a a_1 unidades do eixo x , a a_2 unidades do eixo y e a a_3 unidades do eixo z ; é também denominado representação posicional de A (LEITHOLD, 1990, p. 853). Utiliza-se a notação $\vec{a} = [a_1, a_2, a_3]$ para representar o vetor $\vec{a}$.

O ponto $A=(1,2,3)$ pode ser localizado percorrendo uma unidade ao longo do eixo x , depois movendo duas unidades paralelamente ao eixo y e finalmente percorre-se três unidades paralelamente ao eixo z (ver Figura 1). O representante do vetor $\vec{u}=[1,2,3]$ é então indicado por $\overrightarrow{OA}$.

⁸⁵ Diz-se que diferentes segmentos de reta orientados são “equivalentes” se estes representam um mesmo vetor, ou seja, se possuem as mesmas características de comprimento, direção e sentido.

⁸⁶ Vetor $\vec{u}$ posicionado no ponto A , tem-se o segmento orientado $\overrightarrow{AB}$.

⁸⁷ Organização de três variáveis cuja ordem altera o significado do conjunto.

Figura 19 – Exemplo de vetor

Fonte: POOLE, 2004, p. 10

Pode-se observar que o vetor da Figura 16 (lado direito) forma uma “caixa” de acordo com as coordenadas do próprio vetor. Um vetor pode ser representado das seguintes maneiras: como vetor linha $\vec{u} = [u_1, u_2, u_3]$ ou como vetor coluna

$$\vec{u} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix}.$$

A dependência linear é a propriedade geométrica que possibilita verificar se dois vetores são paralelos ou não, e se três vetores são coplanares⁸⁸ ou não. Dados dois vetores: u e v : se o vetor u é paralelo ao vetor v então u e v são linearmente dependentes; caso contrário, serão linearmente independentes. Dados três vetores: se os vetores u , v e w estão em um mesmo plano, diz-se que estes são linearmente dependentes; caso contrário, serão linearmente independentes.

O produto escalar é uma operação entre vetores, cujo resultado é um número real, e está associado aos conceitos de ângulos e ortogonalidade.

O produto vetorial é uma operação entre vetores, cujo resultado é um vetor e é indicado por: $\vec{u} \wedge \vec{v}$ (o símbolo $\wedge$ indica o produto vetorial entre os vetores $\vec{u}$ e $\vec{v}$). É aplicado ao cálculo de áreas, perpendicularidade entre vetor e plano e perpendicularidade entre vetores.

O produto misto é uma operação utilizando-se uma tripla ordenada de vetores, e é aplicado para o cálculo de volumes.

⁸⁸ Elementos coplanares pertencem a um mesmo plano.

Tendo-se um ponto O como origem e uma base $E = (\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$, define-se o sistema de coordenadas $(O, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$ em $\mathbb{E}^3$. Dado um ponto P , as coordenadas do vetor $\vec{OP}$ na base E são chamadas coordenadas de P em relação ao sistema de coordenadas: $\vec{OP} = (x_0, y_0, z_0)$ onde x_0 é a abscissa, y_0 é a ordenada e z_0 é a cota. A tripla ordenada também é denominada tripla de coordenadas de P em relação ao sistema $(O, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$. Isso será útil na resolução de sistemas de equações lineares.

“Um sistema de equações lineares é um conjunto finito de equações lineares, cada um com as mesmas variáveis. Uma solução de um sistema de equações lineares é um vetor que é simultaneamente solução de cada uma das equações do sistema. O conjunto solução de um sistema de equações lineares é o conjunto de todas as soluções do sistema.” (POOLE, 2004, p. 57).

O Quadro 4 apresenta um resumo dos conceitos matemáticos abordados.

Quadro 4 – Quadro resumo dos conceitos matemáticos

Conceito matemático	Representação	Propriedade geométrica	Equação/Regra
Dependência linear	$(\vec{u}, \vec{v})$ LD $\rightarrow \vec{u} \parallel \vec{v}$	Paralelismo	Se $(\vec{u}, \vec{v})$ são LD então $\vec{u} \parallel \vec{v}$
	$(\vec{u}, \vec{v}, \vec{w})$ LD	Coplanaridade	Se $(\vec{u}, \vec{v}, \vec{w})$ são LD então $(\vec{u}, \vec{v}, \vec{w})$ são coplanares.
	-	Posição relativa de retas ⁸⁹ (ver Figura 20)	1. r e s são reversas se $(\vec{r}, \vec{s}, \overrightarrow{AB})$ é LI; 2. Paralelas se $(\vec{r}, \vec{s}, \overrightarrow{AB})$ é LD e se $(\vec{r}, \vec{s})$ é LD; 3. Concorrentes se $(\vec{r}, \vec{s}, \overrightarrow{AB})$ é LD e $(\vec{r}, \vec{s})$ é LI.
	-	Posição relativa de reta e plano ⁹⁰	1. Se $am + bn + cp \neq 0$ então r e π são transversais; 2. Se $am + bn + cp = 0$ então r e π não são transversais.
	-	Posição relativa de planos ⁹¹	1. São paralelos distintos se a_1, b_1, c_1 e a_2, b_2, c_2 são proporcionais; 2. São paralelos coincidentes se a_1, b_1, c_1, d_1 e a_2, b_2, c_2, d_2 são proporcionais; 3. São transversais se a_1, b_1, c_1 e a_2, b_2, c_2 não são proporcionais.
Base ortonormal	$E=(\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$	Ortogonalidade ⁹²	$\ \vec{u} + \vec{v}\ ^2 = \ \vec{u}\ ^2 + \ \vec{v}\ ^2$
Produto escalar	$\vec{u} \cdot \vec{v} = (a_1 \cdot b_1) + (a_2 \cdot b_2) + (a_3 \cdot b_3)$	Ângulo entre retas	$\cos \theta = \frac{\vec{u} \cdot \vec{v}}{\ \vec{u}\ \cdot \ \vec{v}\ }$
		Ângulo entre planos ⁹³	$\cos \theta = \frac{\vec{n}_1 \cdot \vec{n}_2}{\ \vec{n}_1\ \cdot \ \vec{n}_2\ }$
		Comprimento do vetor	$\ u\ = \sqrt{u \cdot u} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}$
		Distância entre vetores	$d(u, v) = \ u - v\ = \sqrt{(\sqrt{u_1 - v_1})^2 + (\sqrt{u_2 - v_2})^2 + (\sqrt{u_3 - v_3})^2}$

continua

⁸⁹ Considerando $\vec{r}$ um vetor diretor da reta r e $\vec{s}$ um vetor diretor da reta s , e $\overrightarrow{AB}$ um vetor.

⁹⁰ Considerando $\vec{r}=(m,n,p)$ uma reta qualquer e $\pi: ax+by+cz+d=0$ um plano qualquer.

⁹¹ Considerando $\pi_1: a_1x+b_1y+c_1z+d_1=0$ e $\pi_2: a_2x+b_2y+c_2z+d_2=0$ dois planos quaisquer.

⁹² A representação de um vetor entre o símbolo $\parallel$ indica "módulo do vetor". O quadrado do módulo da soma dos dois vetores é igual ao quadrado do módulo do vetor u somado ao quadrado do módulo do vetor v . O módulo de um vetor ($\|u\|$) indica o seu comprimento.

⁹³ Considerando $\vec{n}_1$ e $\vec{n}_2$ vetores normais aos planos π_1 e π_2 , respectivamente.

continuação

Conceito matemático	Representação	Propriedade geométrica	Equação/Regra
Produto escalar	$\vec{u} \cdot \vec{v}$	Projeção ortogonal em um vetor	$proj_{\vec{u}} \vec{v} = \frac{\vec{v} \cdot \vec{u}}{\ \vec{u}\ ^2} \vec{u}$
		Projeção ortogonal em um plano ⁹⁴	$proj_W(v) = \left(\frac{u_1 \cdot v}{u_1 \cdot u_1}\right)u_1 + \left(\frac{u_2 \cdot v}{u_2 \cdot u_2}\right)u_2$
Produto vetorial	$\vec{u} \wedge \vec{v} =$ $= \det \begin{bmatrix} e_1 & u_1 & v_1 \\ e_2 & u_2 & v_2 \\ e_3 & u_3 & v_3 \end{bmatrix}$ $= \begin{bmatrix} u_2 v_3 - u_3 v_2 \\ u_3 v_1 - u_1 v_3 \\ u_1 v_2 - u_2 v_1 \end{bmatrix}$	Área	Área = $\ u \wedge v\ = \ u\ \ v\ \sin \theta$
		Ângulo	$\sin \theta = \frac{\ \vec{u} \wedge \vec{v}\ }{\ \vec{u}\ \ \vec{v}\ }$
		Perpendicularidade	Se $(\vec{u}, \vec{v})$ é LD então $\vec{u} \wedge \vec{v} = 0$
		Vetor normal a um plano ⁹⁵	$\vec{n} = \vec{u} \wedge \vec{v}$
Produto misto	$\vec{u} \wedge \vec{v} \cdot \vec{w}$	Volume	Volume = $\vec{u} \wedge \vec{v} \cdot \vec{w} = \ \vec{u} \wedge \vec{v}\ \ \vec{w}\ \cos \pi$
Sistema de equações lineares	$r \cap s$	Intersecção de duas retas ⁹⁶	Verificar se r e s são LI (concorrentes), e resolver o sistema de seis equações e 4 incógnitas.
	$r \cap \pi$	Intersecção de reta (r) e plano (π) ⁹⁷	Verificar se $am + bn + cp \neq 0$ (transversais), e resolver o sistema de seis equações e 6 incógnitas.
	$\pi_1 \cap \pi_2$	Intersecção de dois planos	Verificar se $\pi_1: a_1x + b_1y + c_1z + d = 0$ e $\pi_2: a_2x + b_2y + c_2z + d = 0$ não são proporcionais (transversais), e resolver o sistema.

Fonte: CAMARGO e BOULOS, 2005, p. 38, 58, 72, 83, 99, 121, 170-180, 187, 211 e 233; POOLE, 2004, p. 16, 45, 337; FEITOSA, 1989, p. 82, 98, 104 e 153).

O módulo de um vetor é o comprimento de qualquer uma de suas representações. Considerando o vetor $\vec{a} = [a_1, a_2, a_3]$, o módulo de $\vec{a}$ é indicado por $\|\vec{a}\|$, onde $\|\vec{a}\| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2}$ (LEITHOLD, 1990, p. 855).

A Figura 2 a seguir mostra as possíveis posições entre retas: no item "a" verifica-se retas reversas, e no item "b", retas que estão no mesmo plano.

⁹⁴ Considerando W um plano qualquer.

⁹⁵ Considerando os vetores $\vec{u}$ e $\vec{v}$ pertencentes ao plano π , o vetor será normal (perpendicular) a esse plano.

⁹⁶ O símbolo $\cap$ indica a intersecção entre dois elementos geométricos.

⁹⁷ Considerando $\vec{r}=(m,n,p)$ uma reta qualquer e $\pi: ax+by+cz+d=0$ um plano qualquer.

Figura 20 – Posição relativa de retas

Fonte: CAMARGO e BOULOS, 2005, p.188

Prisma é um sólido geométrico delimitado por faces planas, no qual as bases se situam em planos paralelos. Quanto à inclinação das arestas laterais, os prismas podem ser retos ou oblíquos. Todo prisma cujas bases são paralelogramos, recebe o nome de paralelepípedo.

Um paralelepípedo tem seis faces, sendo que duas são idênticas e paralelas entre si (6 faces, são retângulos iguais dois a dois; 12 arestas, iguais quatro a quatro; e 8 vértices). Os paralelepípedos podem ser retos (ver Figura 21) ou oblíquos, onde as suas faces laterais sejam perpendiculares ou não à base.

Figura 21 – Exemplo de paralelepípedo retângulo

Fonte: Alfredo J. G. A. Borba, disponível em <http://www.webcalc.com.br> acesso em 23/04/2008.

O paralelepípedo pode ser definido de três formas distintas: (1) é um prisma cuja base é um paralelogramo; (2) é um hexaedro do qual cada face é um paralelogramo; (3) é um hexaedro com três pares de faces paralelas.

Os paralelepípedos constituem uma subclasse dos prismatóides. Dois ambientes de uma habitação podem ter um trecho de intersecção, o que resulta em um volume prismático.

Cada um dos três pares de faces paralelas do paralelepípedo pode ser considerado como a base, já que o prisma tem três conjuntos de quatro arestas paralelas, as quais, em cada conjunto, têm o mesmo comprimento.

Para paralelepípedos com um plano de simetria existem dois casos: (1) têm quatro faces retangulares; (2) têm duas faces rômbricas⁹⁸, e das restantes, cada duas faces adjacentes são iguais (os dois pares são imagens invertidas entre si).

Um paralelepípedo reto-retângulo, ou paralelepípedo retângulo, ou ortoedro, é um prisma reto cujas bases são retângulos (IEZZI *et al*, 1980, p. 256).

Um cubóide é um paralelepípedo onde todas as faces são retangulares. Um romboedro é um paralelepípedo com faces rômbricas congruentes entre si. Um cubo é um paralelepípedo com ambas as propriedades anteriores, isto é, cujas faces são quadrados.

O volume geométrico definido por um cubo é um caso particular do volume geométrico denominado paralelepípedo, em que as seis faces são quadrados iguais.

Considerando-se o espaço cartesiano com origem no ponto $O=(0,0,0)$, e seguindo a notação matemática (x,y,z) para representar um ponto, observa-se a seguir em suporte bidimensional, a representação tridimensional de um volume geométrico (ver Figura 22).

⁹⁸ Aquilo que não contém pontas aguçadas (FERREIRA, 1995, p. 576).

Figura 22 – Representação de um cubóide no espaço cartesiano
 Fonte: Autor da dissertação

Um Paralelepípedo Retângulo (PR) é formado por oito vértices num espaço cartesiano. Considerando um ponto de origem $O=(0,0,0)$ do espaço, o paralelepípedo retângulo pode ser armazenado em ambiente computacional em apenas dois vetores, como no exemplo da Figura 20: o vetor do ponto $(0,0,0)$ ao ponto $(1,1,1)$ denomina-se “vetor posição”; e o vetor do ponto $(1,1,1)$ ao ponto $(2,2,2)$ denomina-se “vetor dimensão”. Pode-se observar a projeção dos vetores e do volume nos planos XY , YZ e XZ . Isso ocorre no caso particular de todas as faces do PR serem paralelas a um dos planos XY , YZ e XZ (ver Figura 23).

Figura 23 – Representação de um cubóide reduzido a dois vetores.

Fonte: Autor da dissertação.

Isso limita a abrangência dos casos de outras disposições dos objetos volumétricos. Por isso, outra informação é armazenada juntamente com os dois vetores: a mudança da base para o ponto de início do vetor dimensão (CAMARGO e BOULOS, 2005, p. 61-69). Todos os OV's que estiverem contidos em um OV maior poderão seguir a base de referência desse segundo OV (ver Figura 24).

Figura 24 – Mudança de base.

Fonte: Autor da dissertação.

Na Figura 25 é apresentado um exemplo de volumetria a partir de uma planta baixa, a qual pode ser reduzida a uma modelagem volumétrica da edificação

(maquete eletrônica) em vários vetores representativos dos elementos geométricos, incluindo as indicações de vazios, isto é, a delimitação entre as paredes:

Figura 25 – Montagem da volumetria a partir de um ponto referencial

Fonte: Autor da dissertação

Um número finito de volumes pode ser representado em um espaço cartesiano, e esses volumes “reduzidos” a vetores diminuirão consideravelmente as informações a serem armazenadas e calculadas.

Para a modelagem do terreno utiliza-se uma abordagem infinitesimal, com elementos volumétricos iguais e agrupados, de modo a conformar com a superfície. A passagem de um objeto contínuo para um objeto discreto denomina-se discretização (AKIN, 1986, p. 14; VELHO e GOMES, 2001, p. 11 e 12; VELHO e GOMES, 2008, p. 10 e 11). Nem todos os lotes urbanos possuem a característica de superfície plana para a implantação da(s) edificação(ões) de modo a considerar a adequação aos critérios de acessibilidade, sendo necessário o tratamento da superfície do terreno para receber a edificação.

5.2 Objetos Volumétricos contínuos e discretos

Para representar-se adequadamente um objeto volumétrico em suporte bidimensional, pode-se utilizar linhas que delimitam o contorno do próprio objeto (ver linhas mais grossas da Figura 22).

Um objeto volumétrico pode representar os diferentes elementos encontrados em uma edificação habitacional. Ao representar um sofá utilizando um objeto volumétrico do tipo paralelepípedo reduz-se o nível de detalhe dos contornos do mobiliário. Essa generalização tem como objetivo minimizar o número de variáveis necessárias para o cálculo do arranjo físico dos objetos volumétricos. Os objetos volumétricos poderão ser considerados no cálculo e na visualização até o nível de detalhe que convém, porém o esforço computacional será proporcional a esse detalhamento.

Giacaglia (2005, p. 73) comenta o conceito de generalização semântica para estabelecer os limites que podem ser enxergados pelo olho humano. Isso difere do objetivo da generalização citada no parágrafo anterior, porém possibilita também a redução de informações do modelo, e conseqüentemente, dos cálculos.

O tratamento de um modelo mais complexo implicaria detalhar os elementos geométricos em aproximações infinitesimais. Para exemplificar é apresentado, na seqüência, o cálculo da área de uma equação definida por $y=f(x)$ no plano cartesiano, ou seja, considerando um suporte bidimensional.

Figura 26 – Área da curva da equação $y=f(x)$
Fonte: LEITHOLD, 1982, p. 230

A área delimitada pela curva $y=f(x)$, o eixo x e as retas perpendiculares ao eixo x nos pontos a e b (Figura 26), pode ser encontrada utilizando conceitos matemáticos de integral definida⁹⁹.

Encontra-se a área da curva da equação $y=f(x)$, em uma primeira aproximação, traçando-se retângulos justapostos com a mesma medida de base até suas alturas tocarem em algum ponto da curva, e ao final soma-se as áreas dos retângulos delineados para obter a área, no caso, aproximada, pois pode-se observar os “vazios” entre a curva e os retângulos na cor cinza (ver Figura 27).

Figura 27 – Aproximação 1 do cálculo da área da curva da equação $y=f(x)$, utilizando retângulos de base Δx e altura variável
Fonte: LEITHOLD, 1982, p. 231

Pode-se notar nas figuras 27 e 285 que a área da curva $y=f(x)$ encontra maior precisão na aproximação 2, porém o número de retângulos é maior, ocasionando maior quantidade de cálculos.

⁹⁹ A integral de uma função matemática possibilita encontrar a área sob uma curva no plano cartesiano. Quando a curva é delimitada por dois pontos do eixo das abscissas, tem-se a integral definida (LEITHOLD, 1986, p. 225-233).

Figura 28 – Aproximação 2 do cálculo da área da curva da equação $y=f(x)$, utilizando retângulos de base Δx e altura variável

Fonte: LEITHOLD, 1982, p. 232

Analogamente, pode-se encontrar o volume de sólidos geométricos utilizando-se os conceitos de derivação e de integração de funções matemáticas¹⁰⁰ (KAPLAN, 1972, p. 290).

Segundo Foley *et al* (1996) há cinco diferentes tipos de representação gráfica de objetos volumétricos em meio digital: (1) representação por instanciamento de primitivas (conjunto pré-definido de sólidos tridimensionais); (2) representação por varrimento (deslocamento de um objeto segundo uma trajetória para definir um outro objeto); (3) representação pela fronteira, ou *boundary representation* (os sólidos são descritos pela superfície de fronteira utilizando vértices, arestas e faces); (4) representação por decomposição espacial (o sólido é decomposto em outros sólidos mais simples, adjacentes um ao outro e que não se intersectam) e

¹⁰⁰ Por exemplo, dado um elemento volumétrico com qualquer forma e um elemento volumétrico cúbico menor que o primeiro citado, e sabendo-se o volume do segundo elemento, uma aproximação para se encontrar o volume do elemento volumétrico maior é verificar quantos elementos volumétricos cúbicos cabem dentro desse. O processo de integração matemática de superfícies segue esse princípio.

(5) representação construtiva (o objeto é obtido pela combinação de primitivas simples por meio de operações booleanas¹⁰¹).

Gomes e Velho (2008, p. 269-271) descrevem dois métodos de representar objetos volumétricos: representação de bordo (*boundary representation*) e representação por decomposição. O primeiro estabelece que um sólido fica determinado pela superfície do seu bordo. O segundo consiste em fazer uma subdivisão do espaço em um grupo de células volumétricas iguais (representação por decomposição uniforme) de tal modo a “preencher” o volume do objeto (ver Figura 29); cada célula do reticulado, definida por um cubo, é denominada *voxel*. Os *voxels* desempenham um papel análogo aos *pixels* que formam uma imagem bidimensional matricial.

Ao decompor um objeto volumétrico em partições iguais, por exemplo, um toro¹⁰², determina-se um agrupamento que, quanto menor as partições, mais próxima a representação da superfície do toro. Enquanto são visíveis as partições na escala apresentada, tem-se uma representação discreta¹⁰³ do objeto, ou representação por decomposição uniforme.

Figura 29 – Representação discreta de um toro utilizando *voxels*.

Fonte: GOMES e VELHO, 2008, p. 271

Quando o tamanho das partições tende ao limite de dimensões ínfimas, visualmente pode-se observar a superfície do objeto como sendo contínua. Tem-

¹⁰¹ Operação booleana é o processo de unir ou intersectar objetos volumétricos, resultando em outro objeto.

¹⁰² “Sólido gerado pela rotação de um círculo em torno de um eixo que lhe é externo e coplanar” (FERREIRA, 1995, p. 641).

¹⁰³ Discreto: “que exprime objetos distintos” (FERREIRA, 1995, p. 224), descontínuo.

se uma representação contínua do objeto, ou representação de bordo (ver Figura 30).

Figura 30 - Representação contínua de um toro¹⁰⁴.

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/19/Torus1.png/350px-Torus1.png> acesso em 25/01/2009;

Na representação do volume do sítio urbano serão utilizados *voxels* (objetos volumétricos de mesmo tamanho) com dimensões que permitam enxergar adequadamente a superfície do terreno, com o mínimo de cálculos computacionais possíveis, aproximando-se de uma visualização “contínua” do objeto.

Na representação dos elementos que compõem a edificação habitacional são utilizados objetos volumétricos com dimensões aproximadas e compatíveis com os objetos reais que estão substituindo.

O tratamento matemático das representações e cálculos no espaço cartesiano – abordagem tridimensional – é possível considerando-se o ferramental de geometria em meio computacional.

¹⁰⁴ Esse é apenas um exemplo de visualização de superfície contínua em meio digital, porém, nesse caso apresentado, o processo de montagem não foi por meio de *voxels* com dimensões mínimas.

5.3 Geometria Computacional

Em computação gráfica, uma imagem vetorial é gerada a partir de descrições de formas geométricas, diferente das imagens chamadas de mapa de *bits* (imagem *raster*¹⁰⁵), as quais são geradas a partir de pontos minúsculos diferenciados por cores. Uma imagem vetorial normalmente é composta por curvas, elipses, polígonos, texto, entre outros elementos; isto é, utilizam vetores matemáticos para sua descrição e montagem de sua representação em um dispositivo de saída de informações, como por exemplo, um monitor de vídeo. Sob essas condições, uma imagem vetorial consome muito menos informações que uma imagem *raster*, porque um programa de computador de manipulação vetorial apenas repete padrões, não sendo necessário armazenar dados para cada *pixel*¹⁰⁶ de uma imagem *raster*.

“Especificar um objeto gráfico significa definir a geometria e a topologia do suporte geométrico, bem como a sua função de atributos. Em geral essa especificação é feita no universo matemático. O objeto deve então ser representado para que possa ser manipulado no computador. A área que trata da descrição, especificação e representação do suporte geométrico de objetos gráficos é chamada de modelagem” (GOMES e VELHO, 2008, p. 199).

Um modelo digital pode ser considerado uma representação conveniente e econômica de um objeto. De modo geral, é também mais fácil e prático analisar um modelo do que testar, medir ou experimentar um objeto ou um fenômeno real. Isso pode ocorrer devido ao tamanho (o objeto real é muito grande ou muito pequeno), à complexidade (um modelo simplifica as características de interesse), ao tempo (o fenômeno real pode ser muito rápido, muito lento ou incontrolável). Além das vantagens da análise, o modelo digital de um objeto possibilita a difusão e o compartilhamento de informação. Por intermédio da computação gráfica, um modelo geométrico torna-se a base para exploração,

¹⁰⁵ Imagens *raster* (ou *bitmap*, que significa mapa de *bits* em inglês) são imagens que contém a descrição de cada *pixel* (menor unidade na tela), em oposição aos gráficos vetoriais (GOMES e VELHO, 2002, p. 124 e 125).

¹⁰⁶ É o menor elemento num dispositivo de exibição (como, por exemplo, um monitor), ao qual é possível atribuir-se uma cor.

avaliação estética e funcional de objetos modelados em meio digital (ESPINHEIRA, 2004, p. 43).

A manipulação e as análises de um modelo digital são feitas por diferentes algoritmos. O custo de operação de um algoritmo é medido pela quantidade de recursos computacionais na sua execução: o tempo necessário para a resolução de um problema e a quantidade de memória consumida pelo algoritmo (FIGUEIREDO e CARVALHO, 2005, p. 4).

Geometria Computacional¹⁰⁷, em Ciência da Computação, é o estudo de algoritmos para a resolução de problemas relacionados à geometria. O objetivo da disciplina é desenvolver algoritmos e estruturas de dados eficientes para serem aplicados na solução de problemas relacionados a objetos geométricos elementares, como pontos, retas, segmentos de reta, polígonos, poliedros, superfícies, dentre outros. Na geometria computacional as figuras e as construções geométricas correspondem a estruturas de dados e algoritmos. De modo geral, o maior interesse é solucionar um problema utilizando o menor número possível de operações elementares de modo a trazer eficiência ao cálculo da solução

Segundo Figueiredo e Carvalho (2005, p. 1), a Geometria Computacional “é o estudo sistemático de algoritmos eficientes para problemas geométricos”.

Os problemas tratados em geometria computacional encontram diversas aplicações: em computação gráfica é necessário detectar se há colisões entre objetos movimentando-se em uma cena virtual; em robótica tem-se o planejamento do movimento de um braço mecânico e a identificação do melhor caminho entre dois pontos; em sistemas de informações geográficas é preciso encontrar a proximidade e a localização de feições geográficas; em circuitos integrados é necessário identificar sobreposições de componentes de modo mais eficiente possível; e em bancos de dados com muitos campos numéricos ocorre uma consulta multi-espacial; modelagem e geometria de sólidos; visão computacional; modelagem molecular e desenvolvimento de remédios (LIN e MANOCHA, 1996, FIGUEIREDO e CARVALHO, 2005, p. 6)

¹⁰⁷ O termo Geometria Computacional, foi cunhado por Marvin Minsky, no seu livro “*Perceptron – An Introduction to Computational Geometry*”, em 1972, para denotar algoritmos de modelagem de sólidos.

Entre os problemas estudados nessa área do conhecimento destacam-se: (1) calcular o invólucro convexo¹⁰⁸ de um conjunto finito de pontos no plano; (2) localização de pontos a partir de um polígono dado, apontando se o ponto encontra-se no interior, no exterior ou na fronteira do polígono; (3) dados segmentos de reta em um plano, verificar se há intersecção entre os mesmos e quais são essas intersecções; (4) dados pontos em um plano, encontrar o menor círculo¹⁰⁹ que contenha todos os pontos; (5) dado um polígono com n lados, decompor o seu interior em triângulos por meio de diagonais, sendo que a diagonal deve estar no interior do polígono; (6) dados n pontos em um plano, construir triângulos utilizando os pontos como vértices, de modo que toda a região seja coberta por triângulos; (7) intersecção de polígonos; (8) dados n pontos em um plano, encontrar dois cuja distância entre eles é mínima.

“A modelagem tridimensional propicia uma abordagem do projeto mais precisa e poderosa, na medida em que a realidade é [pode ser¹¹⁰] tridimensional. O processo mental de concepção e de desenvolvimento do projeto, vivido pelo arquiteto, é também tridimensional. Projetar é necessariamente pensar o espaço em três dimensões” (ESPINHEIRA, 2004, p. 44).

Os *softwares* de computação gráfica são baseados em geometrias para construir uma imagem, no caso, uma imagem vetorial em um dispositivo de saída de informação.

Expressões algébricas podem ser construídas graficamente utilizando instrumentos de desenho técnico (REZENDE e QUEIROZ, 2000, p. 157), o qual pode ser classificado como processo analógico. Como é sabido, essas expressões também podem ser construídas utilizando-se representações em linguagens computacionais eletrônicas, a quais podem ser classificadas como processo digital.

Sendo possível montar um modelo geométrico da realidade, utilizando-se relações lineares em um sistema de equações, e estabelecendo restrições, é possível encontrar uma solução ótima – se existir – em um ponto da região do

¹⁰⁸ Região convexa são todas as figuras que não apresentam trechos côncavos em sua forma.

¹⁰⁹ No caso seria esfera.

¹¹⁰ Nota: a percepção da realidade pode ser bidimensional também.

“espaço de viabilidade” ¹¹¹ (VELEZ, 1972, p. 82; EHRLICH, 1976, p. 126; AKIN, 1986, 175; KALAY, 2004, p. 219 e 248; SERRA, 2006, p. 121-122).

“A solução de problemas geométricos envolve aspectos geométricos (localização e forma dos objetos) e aspectos topológicos (relações de adjacência e incidência entre os objetos). Sendo assim, um algoritmo geométrico envolve partes numéricas, correspondentes ao cálculo da geometria, e partes discretas, correspondentes ao cálculo da topologia.” (FIGUEIREDO e CARVALHO, 2005, p. 1).

Além da questão geométrica propriamente, a qual define o posicionamento e a dimensão dos objetos volumétricos, é necessário também considerar as características topológicas, as quais envolvem as inter-relações entre os objetos volumétricos.

A teoria dos grafos permite uma organização topológica¹¹² de um programa de necessidades. Sua aplicação pode ser proposta em análise da disposição e acesso entre ambientes de uma habitação (MEDJDOUB e YANNOU, 2000 *apud* GIACAGLIA, 2005, p. 66; AMORIM, 1997).

A intenção neste item foi organizar e listar conceitos matemáticos – não de modo exaustivo – com desdobramentos geométricos, a fim de investigar procedimentos que possam ser traduzidos para computadores.

Por ter uma formalização matemática, a organização de elementos volumétricos no espaço cartesiano, como visto, pode ser traduzido para o meio digital. Como ilustrado na Figura 12 e utilizando o conceito de vetor, pode-se localizar e dimensionar elementos volumétricos no espaço. Assim, pretende-se montar processos algorítmicos que possibilitem automatizar a organização de geometrias digitais.

¹¹¹ O espaço de viabilidade é um gráfico tridimensional contendo os limites das soluções das equações lineares.

¹¹² Topologia é a parte da matemática na qual se investigam as propriedades das configurações que permanecem invariantes nas transformações biunívocas e bicontínuas (FERREIRA, 1995, p. 640).

5.4 Vetor posição e vetor dimensão: referenciando e caracterizando objetos volumétricos

Segundo Camargo e Boulos (2005, p. 26), a técnica vetorial pode simplificar a resolução de problemas geométricos. É nessa perspectiva que se imaginou aproveitar o ferramental matemático disponível e propor uma metodologia de organização volumétrica com algum aporte de automação.

Para simplificar as representações dos elementos arquitetônicos, dos ambientes, do mobiliário e outros objetos volumétricos de uma habitação, considera-se, na proposta, volumes paralelepipedais retos (WEINZAPFEL e HANDEL, 1975, p. 64). Os paralelepípedos retângulos serão identificados na presente dissertação como “objetos volumétricos” (ver Figura 1, lado direito). Akin (1986, p. 14) denominou “entidades discretas”.

Por meio de dois vetores, um objeto volumétrico é posicionado e dimensionado no espaço. São os denominados “vetor posição” (POOLE, 2004, p. 3), cujo ponto inicial coincide com o ponto de origem $O = (0,0,0)$, e o ponto final coincide com a localização do ponto inicial do “vetor dimensão”, cujo ponto final indica a dimensão da maior diagonal do paralelepípedo reto.

Os vetores representativos de objetos volumétricos digitais permitem intercambiar, de maneira facilitada, a inteligibilidade de informações em visualização do modelo por um operador humano e a linguagem de equações matemáticas pelo computador, por ser uma “linguagem” conhecida pelos dois agentes. Ou seja, apresentar um vetor, definido matematicamente no sistema computacional, “aparentando” um paralelepípedo reto em um dispositivo de saída de informação é uma operação que demanda, relativamente, pouco esforço computacional, devido à menor complexidade na montagem da visualização (MITCHELL, 1977, p. 213-216 e 336-357; KALAY, 2004, p. 168-170).

Por exemplo, um móvel tem um volume determinado no espaço físico, ou seja, tem dimensões específicas tais como largura, profundidade e altura. Considera-se que esse espaço ocupado pelo móvel é compreendido por suas dimensões envolvidas por uma caixa imaginária, formando um paralelepípedo retângulo, que é definido como o objeto volumétrico representante daquele móvel. E, além disso, considera-se também a área de uso do mesmo móvel, que é a área

necessária para a utilização ergonômica do mobiliário. Para demarcação dessa área o sistema traça uma delimitação imaginária do uso do mobiliário, a qual também é um objeto volumétrico, para proporcionar diferentes análises. É necessário também estabelecer, no representante de OV, o lado que o usuário de um eletrodoméstico deve ficar para operar o mesmo, por exemplo ao abrir a porta de uma geladeira.

Há atividades realizadas na habitação que podem não utilizar um móvel específico, como exercícios físicos. Nesse caso estabelece-se uma delimitação imaginária com área necessária para a realização da atividade.

Para os objetos volumétricos considera-se a face superior e inferior do paralelepípedo reto como sendo paralelas ao plano horizontal estabelecido. E as outras quatro faces, verticais, formando ângulo reto com o plano horizontal que contém a face superior e também com a face inferior do objeto volumétrico.

A Figura 31 mostra um exemplo de volumetria repetida em vários pavimentos de uma representação gráfica digital.

Figura 31 – Exemplo de volumetria a partir de uma planta baixa
Fonte: Autor da dissertação

As variáveis de um dimensionamento funcional são, portanto, os elementos arquitetônicos/volumétricos da edificação habitacional reduzidos a vetores para simplificar os processos de manipulação geométrica, por meio de algoritmos.

Os conceitos matemáticos aplicados a sistemas de informação possibilitam a transcrição de representações de modelos para o computador.

6 Projeto e Desenho Arquitetônico Auxiliado por Computador (CAADD)

"Eu não falhei, encontrei 10 mil
soluções que não davam certo"
Thomas A. Edison¹¹³

O projeto e o desenho mediados por computador pressupõem a construção de sistemas de representação gráfica digital, em que a linguagem do desenho, entendida e dominada por protagonistas da arquitetura, é traduzida para o meio computacional mediante representações matemáticas, que se aproximem da intenção do desenho. É nesse campo da computação gráfica que se dá o encontro da expressão arquitetônica com os sistemas computacionais eletrônicos de processamento de dados.

A construção de um programa de computador requer um esforço de profissionais de diferentes áreas do conhecimento. Ao encomendar um programa de computador, o cliente estabelece uma comunicação com a equipe de desenvolvimento, supervisionada, por exemplo, por um Analista de Sistemas, para definir as características do sistema, desde o escopo geral até os detalhes técnicos e a interface com o usuário. No caso de um sistema voltado à prática arquitetônica, os arquitetos são os profissionais que detêm as informações necessárias para a montagem das chamadas "regras de negócio"¹¹⁴ de funcionamento do mesmo.

Segundo a publicação *PMBook*¹¹⁵, projeto é o "esforço temporário empreendido para criar um produto, um serviço ou um resultado exclusivo" (BOLLES e FAHRENKROG, 2004, p. 5). No domínio da arquitetura e do urbanismo é comum referir-se ao Projeto Arquitetônico somente por Projeto. Em conseqüência, todo o trabalho empregado anteriormente ao Projeto pode ser chamado de pré-projeto.

O desenho forma e formaliza a dinâmica criativa, captando um determinado instante do pensamento. Imaginar formas geométricas é um exercício de

¹¹³ Retirado de <http://www.pensador.info>, acesso em 01/01/2009.

¹¹⁴ Regras de Negócio são todas as regras existentes em um sistema de informação, que ditam seu comportamento, suas restrições e validações (DATE, 2000).

¹¹⁵ *PMBook* é uma publicação do *Project Manager Institute* (PMI, 2004), que reúne as melhores práticas de gestão de projetos.

abstração e, quanto maior a complexidade, maior o esforço em visualizá-las na mente. Um sistema de computação gráfica pode facilitar e animar a construção de outros pensamentos arquitetônicos.

A especificação de um programa computacional não é a codificação do sistema em alguma linguagem de computador e sim um documento formal, o mais inteligível possível ao leitor não técnico da área de informática, porém, com conhecimentos suficientes para compreender a representação do modelo do programa computacional e seu funcionamento.

Antes de se propor a especificação para um programa de computador de geração de pré-projeto arquitetônico, dispondo de informações incrementais de Avaliações Pós-Ocupação do dimensionamento funcional, será apresentado, resumidamente, o contexto da utilização dos sistemas computacionais eletrônicos na arquitetura. Contempla-se o estágio atual das pesquisas do projeto e do desenho arquitetônico auxiliado por computador, destacando a investigação de possibilidades de automação dos processos de pré-projeto de edificações, no caso, de edificações habitacionais sociais, verticalizadas e multifamiliares.

6.1 Definições: CAD, CAAD, CADD e CAADD

Há diferentes definições e expressões aplicáveis ao uso do computador na arquitetura. O mais difundido é o termo *CAD*, uma sigla para *Computer Aided Design*, cuja tradução é Projeto Auxiliado por Computador.

Segundo Celani, Giacaglia e Kowaltowski (2003, p. 67), as bases teóricas do termo estavam em consonância ao denominado Movimento dos Métodos, ocorrido na Inglaterra, na década de 1960 (OLIVEIRA, 2007, p. 143-146) e indicava objetivos voltados a automatizar o processo de projeto. Porém, com a popularização dos computadores pessoais e a conseqüente diminuição do desempenho dos equipamentos eletrônicos para atender o mercado em expansão, os sistemas *CAD* precisaram ser simplificados para funcionarem adequadamente e terem preços acessíveis.

Isso levou Vries e Wagter (1990, p. 215) a afirmar que o tema de projeto de arquitetura era exceção em meio a outras áreas, as quais se expandiam no uso e

nas pesquisas sobre os sistemas *CAD*, enquanto na arquitetura eram utilizados mais para atender o desenho (*drafting*¹¹⁶) do que o projeto (*design*¹¹⁷). Situação que está se alterando devido a diversas pesquisas e iniciativas na América Latina como, por exemplo, o décimo Congresso Ibero-Americano de Gráfica Digital (SIGraDI), ocorrido em Santiago, no Chile, em novembro de 2006 (CELANI e PUPO, 2007).

Para o caso citado, a denominação mais explicativa seria a sigla *CAD*, *Computer Aided Drafting*, ou Desenho Auxiliado por Computador, destacando o uso do programa de computador para desenho vetorial (CELANI, GIACAGLIA e KOWALTOWSKI, 2003, p. 67) e representação da forma (CELANI, 2003, p. XIV). Daí também o equívoco em denominar os sistemas *CAD* como sendo *CAD[esign]*, quando o programa de computador é predominantemente um *CAD[rafting]*.

O termo *CAD*¹¹⁸ foi sendo utilizado para designar, genericamente, diferentes áreas de estudo da utilização de computadores: mecânica, engenharia civil, engenharia industrial, arquitetura, engenharia química, desenho industrial, entre outras. Com a especialização dos programas de computador nas diversas áreas, outras denominações fizeram-se necessárias para definir, com maior precisão, o conceito a que se referia.

No início da década de 1960, o interesse pelo uso do computador na área de arquitetura, especialmente no meio acadêmico, estabeleceu a sigla *CAAD*, cujo significado é *Computer-Aided Architectural Design*, ou Projeto de Arquitetura Auxiliado por Computador, como referência ao se tratar do uso nessa área específica. A difusão dos sistemas *CAAD* nos escritórios de arquitetura veio a ocorrer na década de 1970 (MITCHELL, 1977, p. 15 e 16).

Em meados da década de 1960, quando um sistema de computação gráfica era utilizado para a manipulação de formas geométricas, empregava-se a sigla *CAD* (*drafting*), *Computer-Aided Drafting*, cuja tradução é Desenho Auxiliado por

¹¹⁶ O termo *draft* pode ser traduzido por: plano, esboço, desenho ou rascunho (FLORENZANO, 2000, p. 73).

¹¹⁷ O termo *design* pode ser traduzido por: desígnio, projeto, desenho, plano ou esboço (FLORENZANO, 2000, p. 65). Percebe-se que há coincidências nos significados de *design* e *drafting*, porém será adotado o significado "projeto" para a palavra *design*, e "desenho" para a palavra *drafting*.

¹¹⁸ Ao mencionar-se a sigla *CAD*, será considerado *Computer Aided Design*; quando a sigla *CAD* referir-se a *Computer Aided Drafting*, será destacado no texto.

Computador (já mencionado), para designar o tipo do programa de computador. Outras características das áreas de engenharia e arquitetura foram sendo incorporadas a esses programas de computador, o que levou a serem denominados sistemas *CADD*, *Computer-Aided Design and Drafting*, ou Projeto e Desenho Auxiliado por Computador (U.S. ARMY ENGINEER RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER, 1999, p. 2).

Eastman (1975, p.2) utilizou a sigla *CABD*, cujo significado é *Computer-Aided Building Design*, ou Projeto do Edifício Auxiliado por Computador, a fim de evidenciar a intenção de “prover instalações, no local da obra, para alguma função ou atividade humana”. No XX SIGraDI, em palestra, Eastman relacionou o *CABD* com as pesquisas em Sistema de Informação para a Construção (*BIM*) e os avançados modelos paramétricos para edifícios (CELANI e PUPO, 2007).

A sigla *CAADD*, *Computer-Aided Architectural Design and Drafting*, cuja tradução é Projeto e Desenho Arquitetônico Auxiliado por Computador, foi utilizada por Kennedy (1987, p. 65), para designar o nome de uma disciplina do curso de Arquitetura da Universidade de Kentucky. Segundo Kennedy, aventou-se também as expressões “*Computer Applications to Architecture*” (Aplicações de Computador para a Arquitetura) e “*Computer Graphics for Architecture*” (Computação Gráfica para a Arquitetura), as quais foram descartadas.

O *Computer-Aided Geometric Design* (*CAGD*), ou Projeto Geométrico Auxiliado por Computador, estuda as curvas e superfícies paramétricas, aplicáveis ao *CAD/CAM* e visualizações tridimensionais, ramo específico da Matemática que é diretamente utilizado nos conteúdos das Ciências da Computação (FARIN e HANSFORD, 2000, p. XI).

Os sistemas *CAD* tiveram desdobramentos também em muitas outras áreas, além da arquitetura, e pode-se encontrar alguns exemplos de denominações específicas, tais como: *CAM*, *Computer-Aided Manufacturing* (Manufatura Auxiliada por Computador), *CAE*, *Computer Aided Engineering* (Engenharia Auxiliada por Computador), *CADAM*, *Computer Aided Design and Manufacturing* (Projeto e Manufatura Auxiliado por Computador), entre outros.

Ao se referir ao sistema em estudo, optou-se pela expressão *CAADD*, pois esta engloba os conceitos do programa de computador que se propõe especificar; contêm os termos arquitetura, projeto e desenho, e indica a assistência de um computador. Há muitas técnicas para a resolução de problemas que se aplicam ao processo de projeto. Um dos modelos de resolução de problemas de projeto, segundo Maver (1985 *apud* SHAFIE, 2005), é composto por cinco itens: análise, síntese, apreciação (avaliação), seleção e apresentação. O termo “projeto” pretende reunir o significado dos primeiros quatro itens dessa classificação, e o termo “desenho” estaria associado ao item “apresentação”.

6.2 Contexto histórico

A computação gráfica está relacionada diretamente com o desenvolvimento dos computadores. Inicialmente os computadores foram criados para fins bélicos, durante a 2ª Guerra Mundial, pelo governo norte-americano, com o objetivo de calcular a trajetória de mísseis e outras tarefas que despendiam grandes volumes de cálculos matemáticos. Posteriormente, cientistas começaram a utilizar computadores militares para imprimir furos em cartões para codificação de informações e também para a visualização de gráficos. Na década de 50 (Século XX), as linhas e formas geométricas já podiam ser vistas em monitores de tubos de raios catódicos (*CRT*¹¹⁹). O advento e o sucesso dos jogos eletrônicos impulsionaram significativamente o desenvolvimento da computação gráfica. No final da década de 60 (Século XX) surgiram os primeiros simuladores de Realidade Virtual (*VR*). Na década de 70 (Século XX) foi a vez da Indústria Cinematográfica investir em efeitos especiais por meio da utilização de computadores. Na década de 80 (Século XX), com a criação do computador pessoal, provido de interface gráfica, assistiu-se ao começo da popularização dos computadores (outros eventos no Quadro 5).

Ao longo desse percurso da Computação Gráfica, as diversas áreas do conhecimento foram sendo influenciadas e também influenciaram o aprimoramento dos sistemas computacionais. As possibilidades emergentes despertaram grande interesse por parte dos acadêmicos e dos profissionais

¹¹⁹ *CRT: Cathode-Ray Tube.*

envolvidos com a arquitetura: ensaios de desenhos de arquitetura foram feitos em ambiente computacional e alcançaram resultados significativos.

Com a chegada dos *PC*¹²⁰ na década de 1980, os sistemas *CAD* precisaram ser simplificados e deixaram a característica de “*design*”, tornando-se primordialmente “*drafting*”, como mencionado (MONEDERO, 2000, p. 1; CELANI, 2003, p. XIV).

Ivan Shuterland apresentou uma tese no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (Massachusetts Institute of Technology, MIT), em 1963, considerada um marco no Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador (*CAAD*), no qual propôs o *Sketchpad*, um sistema interativo que permite desenhar diretamente no monitor do computador (MITCHELL, 1977, p. 14).

Na seqüência muitas outras pesquisas foram sendo realizadas. Algumas obtiveram sucesso e pode-se observar seus resultados aplicados em programas de computador da atualidade. Outras, como por exemplo, a pesquisa sobre “a máquina de projetar”, liderada por Nicholas Negroponte (VINCENT, 2002, p. 48), não chegaram a ter contribuições significativas nas aplicações computadorizadas para a arquitetura.

Alexander introduziu o conceito de padrões em seu livro *Notes on the synthesis of form* (1964, p. 132). Segundo Alexander, a idéia de montagem de diagramas ou padrões seria simples: faz-se uma lista numerada de diferentes temas que influenciam o projeto arquitetônico; a seguir anotam-se, a partir da numeração definida, os itens que interagem entre si. Os cruzamentos dessas informações poderiam gerar padrões identificáveis de projeto. O mesmo autor enfatiza a correspondência entre o padrão de um problema de projeto e sua forma física. Ou seja, a identificação de padrões conhecidos pode remeter a soluções de projeto imaginadas anteriormente. Mapeando-se o mais detalhadamente possível as características do contexto de um projeto a ser elaborado, a resposta ao problema proposto é facilitada (ALEXANDER, 1964, p. 132).

¹²⁰ Sigla em língua inglesa de Computador Pessoal (*Personal Computer*).

Em 1968, Weinzapfel e Handel (1975, p. 61-62) desenvolveram o programa de computador denominado *IMAGE*, para a geração automática de arranjo espacial, porém impedia a intervenção do projetista.

O *GRAIL* (*Graphical Input Language* ou Linguagem Gráfica de Entrada de Dados) foi proposto para criar um sistema interativo de comunicação homem-máquina, composto de programa de computador e *hardware*, que permitiria manipular o conteúdo exibido em um monitor de computador, de modo direto e natural, sem a necessidade de instrumentos intermediários (ELLIS, HEAFNER e SIBLEY, 1969, p. 3).

Ferramentas de análise, como o programa computacional *PACE* (*Package for Architectural Computer Evaluation*), Pacote Integrado para a Avaliação de Desempenho de Edifícios, surgido em 1970, é um exemplo do uso da computação para além da representação de formas geométricas da arquitetura (KOLAREVIC, 2005, p. 196).

O Quadro 5 apresenta a cronologia identificada como relevante ao *CAADD*.

Quadro 5 - Cronologia de eventos relacionados ao CAADD

Obs.: Quadro elaborado pelo autor da dissertação a partir de referências bibliográficas

6.3 Computação Gráfica e Representação Gráfica Digital

A representação gráfica permite uma expressão imagética e não verbal de elementos componentes tanto da arquitetura quanto do urbanismo. Apesar de poderem ser descritas em textos, as geometrias podem ser mais bem compreendidas por meio de desenhos. Tais desenhos pretendem aproximar-se, o mais possível, de como um observador enxerga objetos do mundo real, a partir de sua perspectiva de visão.

A representação do real é uma interpretação da percepção do observador de um determinado objeto. No caso da arquitetura, os desenhos convencionais de planta-baixa, cortes, fachadas e perspectivas são um exemplo de representação bidimensional daquilo que é materialidade e corporalidade, isto é, o tridimensional (GREGOTTI, 1975, p. 33). Pode-se afirmar que a perspectiva é a representação menos abstrata disponível.

No atual estágio de desenvolvimento das tecnologias voltadas à representação, há novas possibilidades de ensaios de projeto utilizando a computação gráfica. A representação é um meio para a arquitetura; é a mediação entre o autor e o objeto, cujo fim último é se tornar uma edificação.

Antes da virtualidade do desenho no papel, a arquitetura até o século XV era concebida principalmente no canteiro de obra, em contato com a matéria-prima a ser utilizada na construção da edificação (FABRÍCIO, 2007, p. 29). Compara-se à escultura, em que, quanto mais o escultor conhece o material a ser esculpido, maior probabilidade de obter sucesso na peça trabalhada, evitando ocorrer quebras e rachaduras indesejáveis por falta de informação do comportamento do próprio material.

A possibilidade de registro em papel e o desenvolvimento da representação gráfica decorrente das teorias de geometria, levou o arquiteto, antes conhecedor perito de materiais pela vivência prática da construção, a se tornar um especialista em desenho.

A divisão do trabalho em projetista da arquitetura e construtor da edificação ocasionou benefícios e prejuízos ao produto final, pois, ao se distanciar do canteiro, da materialidade, o arquiteto está sujeito a perder a oportunidade de

vivenciar o comportamento *in loco* da substância material dos objetos pensados e, posteriormente, registrá-los no seu desenho arquitetônico. Os benefícios estão relacionados à especialização dos profissionais envolvidos com o processo de produção de edificações, o que gerou a incorporação de produtos e conceitos da industrialização na construção civil (SERRA, 2006, p. 38; FABRÍCIO, 2007, p. 29).

A computação gráfica, entendida como representação gráfica digital, permite acelerar procedimentos de produção de edifícios. A transposição da mídia dita analógica para a digital implica em uma mudança nos processos de elaboração da representação, devido às suas naturezas diversas, pelo menos a nível interno de processamento do computador. O ideal é que essa diferença impacte o menos possível na interface de comunicação homem-máquina, permitindo aumentar a capacidade criativa humana, e não atrapalhá-la.

O espaço humano ou espaço vivido é dotado de sentido, organização e materialidade, enquanto o espaço euclidiano é definido por conceitos matemáticos. Nesse contexto define-se a arquitetura como uma prática, um fazer (COUTINHO, 1998, p. 33-38); por sua vez o desenho é uma técnica. Portanto, pode-se afirmar que construir objetos arquitetônicos e fazer desenhos de arquitetura são atividades distintas: o desenho ou a representação, seja analógica ou digital, é uma mediação entre imaginação e a materialização.

As representações da realidade não são a realidade em si, são interpretações e versões do perceptível. Por exemplo, uma pessoa com deficiência visual tem uma noção diferente do espaço; e uma criança enxerga o mundo proporcionalmente à sua escala de tamanho.

Sucessivas representações ou representações da representação podem distorcer a noção do objeto representado. No Anexo 3 são apresentados croquis desenhados na visita aos apartamentos da COHAB. A digitalização (redesenhar utilizando programa computacional *CAD*) do croqui leva a uma reinterpretação do arranjo físico da unidade habitacional registrada manualmente.

A transmissão do conhecimento se dá também por meio de representações: escritas e imagéticas. As representações possibilitam o acesso à realidade, ou melhor, a uma perspectiva do real.

O pintor, o poeta, o arquiteto imitam o que “vêem” na mente: o pensamento é um reflexo (espelho) do já existente no plano das idéias. Isso diminui a virtude do ato criador humano, no qual a articulação de idéias e palavras produz uma nova combinação de conhecimentos ou uma nova maneira de ver a realidade.

Representação e conceito têm significações diferentes. O conceito pretende dar conta da realidade, reduzindo e cercando ao que é apreendido pelos sentidos, buscando ser a “verdade” daquela realidade. O conceito é uma construção do real e a representação é uma interpretação do real, como dito anteriormente.

O símbolo é a representação de um conceito, de uma idéia. A linguagem é um exemplo de codificação simbólica.

A mudança na maneira de perceber o mundo desencadeia alterações nas manifestações culturais, podendo chegar a desenvolvimento de técnicas conhecidas e vice-versa. A fotografia e a perspectiva geométrica trouxeram realidades inexistentes até então: pode-se lembrar da imagem de uma paisagem sem ao menos tê-la visitado.

A representação na arquitetura é utilizada antes e depois da construção do edifício. Antes se tem o projeto que é a exteriorização do imaginário, simulacros da realidade. Após, têm-se os registros do objeto construído.

Com a crescente penetração dos sistemas computacionais nas diferentes áreas do conhecimento, a representação gráfica foi sendo gradativamente explorada no meio digital, chegando até mesmo à chamada realidade virtual¹²¹ de modelos criados inteiramente no computador.

Para representar elementos geométricos em meio eletrônico computacional há um grande esforço de engenharia de programas de informática e de *hardware*. As técnicas podem variar significativamente quando o suporte de mídia se altera.

¹²¹ A realidade virtual é a tecnologia que pretende recriar ao máximo a sensação de realidade por meio de diferentes interfaces entre um usuário e um sistema computacional, permitindo inclusive interação com a cena visualizada (WANG, 2007, p. 27).

As instruções e os cálculos computacionais de representação gráfica são diferentes quando se apresenta um elemento geométrico em um monitor composto por milhares de *pixels*¹²² ou uma impressão em papel.

A representação gráfica digital permite simulações de ambientes construídos. Uma perspectiva de visão em ambiente virtual interativo pode ser chamada de cena, devido a possibilidade de essa ser animada (animação gráfica). Uma cena é composta por muitos elementos geométricos modelados no próprio sistema. Com o avanço das tecnologias de programas de computador e *hardware*, as representações aproximam-se consideravelmente de uma visão real de um objeto, em que o sistema simula desde os efeitos óticos do posicionamento do observador, propriedades físicas dos materiais até a percepção da incidência de luz sobre os objetos da cena.

Para se apresentar elementos gráficos em um monitor de computador é preciso artifícios de linguagens de programação de computadores em conjunto com conceitos de geometria e composição de cores. As representações no monitor são sempre matriciais. As estruturas de dados podem ser matriciais ou vetoriais.

6.3.1 Sistemas de representação gráfica

Ler e interagir com um espaço qualquer é um atributo da pessoa humana, a qual ocupa uma porção desse mesmo espaço. As técnicas de representação gráfica se utilizam de códigos e convenções para persuadir o observador a ler o mais precisamente o que se pretende representar. Os sistemas de representação gráfica são instrumentos para a produção da arquitetura e do urbanismo. A representação gráfica no meio computacional também segue essa pretensão.

A manipulação perceptivelmente rápida da informação binária pelos sistemas eletrônicos permitiu a revolução ocasionada pelos computadores. Os desdobramentos das combinações da base binária emergem em linguagens gradativamente crescentes de inteligibilidade na comunicação homem-máquina. A computação gráfica evoluiu na contribuição dessa comunicação por meio da mensagem pictórica.

¹²² *Pixel* é o menor elemento em um dispositivo de exibição (como por exemplo, um monitor), ao qual é possível atribuir-se uma cor; é o menor ponto que forma uma imagem digital, sendo que o conjunto de milhares de *pixels* formam a imagem inteira. Quanto maior for o número de *pixels*, melhor a resolução da imagem (MARQUES FILHO e VIEIRA NETO, 1999, p. 34).

A representação gráfica digital, isto é, o desenho ou elemento pictórico produzido por meio de sistemas computacionais eletrônicos, tem evoluído consideravelmente nos últimos anos. Nesse contexto, onde estariam situados os limites da representação gráfica digital e a percepção humana? Experiências na chamada “caverna digital” (imersão humana no meio digital por meio de capacete, luvas e roupas especiais) têm mostrado um amplo campo de pesquisa a ser investigado (ZUFFO, 2001, p. 36).

Sendo o desenho manual a expressão de um raciocínio arquitetônico, o suporte (mídia) de registro da informação pode ser diverso: lápis sobre papel, graveto sobre areia, caneta ótica ou mãos sobre tela sensível. Desenhar em um papel e *escanear*¹²³ os traços é comparável a desenhar diretamente em uma tela com caneta ótica: o traço do desenhista é captado pela tela sensível.

A habilidade de expressar idéias arquitetônicas traz em si escalas e dimensionamentos aproximados, por meio da cognição humana. Porém, nem sempre o projetista se expressa em proporções adequadas de acordo com os elementos reais, os quais precisariam ser ajustados, dimensionados e/ou rearranjados para compor uma solução projetual válida e eliminar possíveis distorções de medida do objeto imaginado.

Deve-se levar em consideração que, apesar do raciocínio do arquiteto ser associativo e multifacetado, o mesmo tende a concentrar-se em uma parte do todo, já pensado, para detalhar uma solução.

A experiência e a vivência espacial orientam o modo de perceber o mundo. A visualização do projeto em planta é uma abstração convencionada com o uso, e possivelmente condicionada pelo fenômeno gravitacional (GREGOTTI, 1975, p. 33), onde, por exemplo, as peças de um jogo deveriam ser acomodadas num plano para não caírem; ou também porque os deslocamentos dos animais tendem a aproximar-se de um mesmo plano para minimizar os esforços em mudanças de nível, pois acarretaria menor consumo de energia.

Contudo, um projeto arquitetônico, pensado de modo orientado à representação em planta baixa, condiciona a materialização de efeitos espaciais específicos,

¹²³ “Converter uma imagem ou fotografia impressa para a forma digital (mapa de *bits*), com um *scanner* ótico” (WEISZFLOG, 2007).

que, tomado ao extremo, levaria a percepções planificadas, compartimentadas e/ou labirínticas, isso porque as relações entre os compartimentos se dão em um nível único.

A super valorização do projeto em planta baixa (“faça a planta da casa”, diria um cliente do arquiteto), como se esta encerrasse o alcance da arquitetura, pode levar a distorções da composição espacial, pois é tendenciosamente pensada, de modo geral, mais em termos bidimensionais do que tridimensionais.

Como nas investigações da forma no campo da escultura, a forma arquitetônica tem diversas dimensões que comunicam a sua corporeidade. A arquitetura como acontecimento espacial tem o potencial de surpreender o observador com visuais não imaginados pelo projetista.

Os traços gestuais imprimem no papel a idéia arquitetônica formulada na mente. Dependendo da habilidade de quem desenha, o objeto imaginado pode perder sua expressão de significado de como foi inicialmente formulado no pensamento. Em termos de expressão gráfica: os traços são mais do que “manipulados”, são “extensões” não verbais do pensamento, dispostos no papel para traduzir, o quanto possível, o que se imaginou. É extensão enquanto interação do pensamento com o que é visualizado nos registros feitos à mão.

Um croqui bem desenhado e adequado à sua finalidade depende da capacidade intelectual e motora do desenhista. O domínio da escala do desenho e suas proporções possibilitam dimensionar intuitivamente os elementos que irão compor o objeto arquitetônico. E, ao se desenhar, o próprio desenho instiga o teste de novas combinações, pois o olhar do arquiteto é suscetível a associações quase ao acaso.

Hoje já é possível imaginar a manipulação de elementos volumétricos virtuais por meio de imersão digital. Onde se dá o momento da concepção da arquitetura? Houve arquitetos que construíram, *in loco*, grandes edificações. É preciso ter um considerável domínio sobre a propriedade e resistências dos materiais disponíveis para se ordenar adequadamente peças construtivas e culminar em uma obra arquitetônica.

Desenhar uma planta baixa ou organizar elementos volumétricos gera o mesmo resultado? Possivelmente sim, porém, no segundo caso tem-se melhor a percepção da composição de cheios e vazios.

Como mencionado, a representação do espaço é uma interpretação a partir da percepção do observador que, pela própria natureza da visão humana, enxerga por meio de referenciais, ou seja, são a capacidade cognitiva, associativa e a memória que permitem o desenvolvimento da inteligência espacial: alto e baixo, esquerda e direita, longe e perto, pequeno e grande, e, portando, de uma visão perspectivada a partir de um ponto de observação (KERCKHOVE, 2001, p. 10). Mesmo em ambientes que não apresentam arestas visivelmente definidas, referencia-se por meio de limites quando expressa-se em representações. Se o observador estiver num ambiente de grandes dimensões, com o piso de uma só cor, como por exemplo, andar no deserto ou em uma geleira, provavelmente o indivíduo terá dificuldades de se localizar espacialmente e de compreender para onde está indo. Para onde o observador voltar o olhar, a reta que vai do centro da visão até a linha do horizonte imaginário torna-se o ponto de fuga de tudo que se encontra no seu campo de visão.

6.3.2 A representação na arquitetura

Um projeto arquitetônico necessariamente passa pela etapa da representação gráfica? Representar graficamente o que se vai construir é uma maneira de planejar as intervenções no espaço. A manipulação de peças construtivas *in loco* pode ser dispendiosa, se praticada para fins experimentais da disposição dos objetos. Mas, por sua vez, projetar fora do canteiro de obras pode tornar a materialidade da arquitetura algo consideravelmente abstrato e distanciar o projetista das reais possibilidades de intervenção. O fato de o arquiteto manipular símbolos convencionados promove um afastamento dos materiais, bem como suas características físicas, e das técnicas construtivas. A aparente liberdade de moldar o concreto armado também induz o projetista a pensar “deliberadamente”. Mesmo sem desconsiderar que o limite da arquitetura é a imaginação, a obra em si apresenta limitações, sobretudo, de ordem econômica e técnica.

A representação também é uma maneira de se pensar o espaço. Representar para pensar o espaço e poder planejá-lo antes de construí-lo. A concepção de projeto em planta baixa tem dominado quase a totalidade do “pensar” o projeto, e associa outras formas de ver o espaço, tais como elevações, cortes e perspectivas. Quando o arquiteto constrói *in loco*, o pensamento arquitetônico é orientado aos volumes materiais disponíveis.

Enquanto exercício de projeto, a edificação pode ser submetida a simulações de uso e desempenho para antecipar eventuais falhas projetuais e corrigir a representação do real (MALKAWI, 2005, p. 87-93). O modelo da obra pode ser contextualizado no local geográfico previsto, levantando-se as especificidades espaciais das adjacências do mesmo.

Manipular objetos concretos ou representação são operações diferentes. O desenho permite o planejamento daquilo que se pretende construir. O projeto é um conjunto de modelos para materializar uma idéia. Há estratégias para construir um objeto arquitetônico. Quanto mais o projetista dominar as tecnologias, o comportamento e propriedade dos materiais eleitos para compor a peça urbana, maiores chances em minimizar os problemas de execução.

Um bom projeto contempla um maior número de variáveis buscando atender ao máximo as demandas de uso e estabilidade da construção.

A representação já traz em si uma redução das características do objeto a que se remete. É um modelo do real e, portanto, a representação não é o objeto. Mesmo o projeto no computador, utilizando técnicas de foto-realidade, traz um distanciamento da materialidade. Até chegar ao canteiro e se materializar, os registros iconográficos são apenas representações. A representação, como um momento do saber, coisifica, objetiva as coisas, paralisa, imobiliza para permitir conhecer melhor o objeto que se pretende estudar. Por outro lado, a representação é “empobrecedora” de significado, reduz-se para poder se representar (SERRA, 2006, p. 101).

Há uma relação sensorial com o espaço: frente, atrás, esquerda, direita; uma comunicação não verbal do espaço que é apreendida por meio da experimentação e vivência. Com distanciamento do canteiro de obra, o arquiteto

opta pelos simulacros, ocorrendo alienação (distanciamento do real), quando não se vê o produto que se faz. O arquiteto tornou-se um especialista em desenho (FABRÍCIO, 2007, p. 30).

O ato criador necessita de meios de representação para comunicar um conhecimento acumulado/disponibilizado. A concepção do projeto arquitetônico é um processo dialético, apoiada por livre associação de idéias, a qual, mesmo submetida a um programa de necessidades, apresenta-se como uma menção de projeto; este é elaborado de modo não linear, portando considerado grau de complexidade (ALMEIDA e PRATSCHKE, 2005). O desenho é um processo interativo, de “mão dupla”: pensa-se o desenho e o mesmo influencia o projetista.

O desenho é o “eixo” de conversa entre todos os agentes envolvidos com a construção. Em certos casos, o número de variáveis é tão grande que o modelo não alcança, suficientemente, características consideradas importantes do real, como, por exemplo, visuais contextualizadas – perspectivas da paisagem que se tem acesso visual. De qualquer maneira, um desenho arquitetônico, idealmente, deveria dar conta das informações necessárias para a execução da obra, para ter – a representação – significado e valor agregado.

Com a computação eletrônica a tecnologia apresenta novas possibilidades de ensaios de projeto. A representação é um meio para a arquitetura, uma mediação entre o autor e o objeto. Objeto esse, virtual, enquanto existente na mídia para ser construído.

Internamente ao computador a representação gráfica digital é baseada em expressões algébricas dispostas em estruturas de dados. Há diferentes tipos de estruturas de dados, os quais compõem os denominados formatos gráficos.

6.3.3 Formatos gráficos digitais

Os formatos gráficos digitais são criados para um sistema operacional, ou algum programa de computador específico, interpretar as informações e traduzi-las graficamente. As estruturas de dados são abstrações dos sistemas eletrônicos computadorizados para se armazenar informações. Pode-se dizer que cada

formato gráfico pertence a um sistema de representação gráfica digital específica.

Um agrupamento de informações binárias, convenientemente organizadas, gera informações textuais e gráficas. O menor elemento informacional para exibição gráfica de uma imagem digital em um dispositivo de visualização (monitor ou tela) é o *pixel*.

Existem diversos formatos de arquivos para a representação de desenhos no meio digital, os quais são relacionados a seguir.

O formato matricial, também conhecido como formato *raster* ou formato *bitmap* (mapa de *bits*), é uma matriz formada por *pixels*, em que cada *pixel* assume uma cor definida, e o conjunto desses elementos, visualizados a uma distância adequada, forma uma imagem digital (ver Figura 19).

Figura 32 – Exemplo de matriz de pontos: cada unidade é um *pixel*

Fonte: Autor da dissertação

Alguns dos principais formatos matriciais de arquivo são: *BMP* (*Windows*© *Bitmap*), extensão¹²⁴ ".bmp"; *TIFF* (*Tagged Image File Format*), extensão ".tif"; *GIF* (*Graphics Interchange Format*), extensão ".gif", surgiu em 1987; *IFF* (*Interchange File Format*); *JPEG* (*Joint Photographic Experts Group*) é um formato de compressão, com perda de dados, para imagens digitais; as variações de extensão de arquivo para esse formato são: ".jpeg" , ".jfif ", ".jpe" e ".jpg"; *JPG2* ou *JP2* (*Joint Photographic Experts Group 2*), extensão ".jpg2" ou

¹²⁴ A noção de extensão do nome de um arquivo foi criada pelos sistemas operacionais *DOS* (incluindo o *Windows*©), para diferenciar os vários arquivos de dados. Consiste de 3 ou 4 caracteres no final do nome, precedidos por um ponto.

".jp2", é sucessor do formato *JPG*; *MNG* (*Multiple-image Network Graphics*); *PBM* (*Portable Bitmap Format*); *PNG* (*Portable Network Graphics*), extensão ".png", surgiu em 1996, e permite comprimir imagens sem perda de qualidade, é de uso livre; *TGA* (*TARGA*); *PPM* (*Portable Pixmap Format*); *RLE* (*Run-Length Encoding*): formato para exibição em preto e branco.

Os formatos vetoriais são padrões de informação construídos a partir de equações matemáticas e alocados em estruturas de dados que, quando solicitadas, são montadas na tela do computador em cada alteração de *zoom*¹²⁵ ou de navegação pelo desenho. Mesmo sendo também representados por *pixels* na tela do computador, os desenhos vetoriais são calculados e apresentados dinamicamente.

Os principais formatos vetoriais são: *CDR* (*CorelDraw Document*), formato de propriedade da empresa *Corel*; *DWG* (*AutoCAD Document*), extensão ".dwg", formato de propriedade da empresa Autodesk, e nativo do programa de computador *AutoCAD*; *DXF* (*ASCII Drawing Interchange* ou *Drawing Interchange Format* ou *Drawing Exchange Format*): está de acordo com o padrão *ASCII*, surgiu em 1982; *EMF* (*Windows Enhanced Metafile*), versão avançada do formato *Windows Metafile*; *EPS* (*Encapsulated PostScript*); *FH* (*Macromedia Freehand Document*); *FLA* (*Flash Source File*); *PS* (*PostScript*); *SVG* (*Scalable Vectorial Graphics*): pode ser traduzido como Gráfico Vetorial Escalável; esse formato foi baseado em outros já existentes: *CSS* (*Cascading Style Sheets*) e *DOM* (*Document Object Model* ou Modelo de Objeto de Documentos).

Há estruturas de dados que armazenam tanto dados vetoriais quanto matriciais: *AI* (*Adobe Illustrator*); *PDF* (*Portable Document Format*) e *PGM* (*Portable Graymap Format*), formato para tons de cinza.

Existem representações gráficas digitais para formatos vetoriais digitais tridimensionais, isto é, artifícios matemáticos de geometria que abstraem as três dimensões e são manipuláveis: *3DS* (*3D Studio Document*), formato nativo do programa de computador *3D Studio*; *MAX* (*3D Studio MAX Document*), formato nativo do software *3D Studio MAX*; *DWG* (*AutoCAD Document*), formato nativo do programa de computador *AutoCAD*; *VRML* (*Virtual Reality Modeling*

¹²⁵ O termo *zoom* indica a aparente aproximação ou distanciamento do modelo digital.

Language), extensão “.vrml”, permite criar objetos tridimensionais no meio virtual utilizando modo texto, ou seja, por meio de comandos lidos por um navegador de *Internet (browser)* é possível criar formas geométricas na tela do computador; e o *X3D*, o que é uma atualização do formato *VRML* (ver item 6.4.11).

6.4 Estágio atual das pesquisas de projeto e desenho arquitetônico mediados por computador

Desde o surgimento da computação eletrônica, em 1945, o interesse na utilização desses sistemas na arquitetura não foi imediato, devido a hostilização da idéia entre os arquitetos, o que se tornou uma lacuna em relação à engenharia (MITCHELL, 1977, p. 15). A partir da década de 60 (Século XX) iniciou-se uma expansão contínua nos estudos acadêmicos e verifica-se desdobramentos em diferentes linhas de pesquisa, das quais se explora diferentes abordagens.

Genericamente eram denominados de sistemas de computação gráfica, por investigar e disponibilizar informação não verbal na comunicação homem-máquina, o que Jacob Bronowski chamou de “cognição visual” (KALAY, 2004, p. 122 e 123). Um dos objetivos era que o computador auxiliasse os processos de conceber idéias de estruturas físicas, instalações, edificações, modelos químicos, etc. Estabelecia-se então a possibilidade dos sistemas computacionais contribuírem com projetos cuja linguagem utilizada fossem simbologias geométricas (*CAD*).

Em 1975, Eastman havia sugerido três diferentes linhas de desenvolvimento para o auxílio do computador na arquitetura: (1) computação gráfica focada em estruturas de dados e manipulação gráfica de padrões; (2) processamento de imagens ou reconhecimento de padrões; e (3) síntese espacial (EASTMAN, 1975, p. XII).

A interdisciplinaridade tem sido percebida e mais incisivamente necessária a partir do século XX (JAPIASSU, 1994, p. 69-73; SERRA, 2006, p. 32). A relação entre as chamadas disciplinas de Arquitetura e Urbanismo e as Ciências da Computação, como exposto, é crescente e intensa. Entende-se que ninguém melhor do que um técnico é capaz de compreender o alcance e as especificidades

de uma determinada área de estudo. E, com isso, é provável que a tendência seja os arquitetos se interessarem muito mais sobre como aplicar os computadores em sua profissão do que os profissionais de informática deslocarem-se para a Arquitetura e Urbanismo.

Como comentou John Gero é preciso descrever mais a partir do ponto de vista do arquiteto do que do cientista da computação (1977, p. XII).

É nesse sentido que se encontra uma rica e interessante gama de assuntos na intersecção, ou melhor dizendo, na união desses campos de estudo.

Todos os processos de trabalho humano que podem ser reduzidos à linguagem matemática, são, a princípio, passíveis de serem transportados para procedimentos computacionais eletrônicos e executados dentro desse contexto. A matemática tem sido a linguagem comum entre o homem e o computador, ou o meio para estabelecer uma comunicação. Já que a máquina detém alto poder de processamento, a matemática é traduzida a elementos geométricos para ser o mais inteligível ao operador humano.

O Quadro 6 apresenta as linhas de pesquisa identificadas para a aplicação de computadores na arquitetura. Algumas linhas de pesquisa são complementares ou até mesmo há sobreposição de conceitos. Procurou-se classificar a partir da predominância e da abordagem dos conceitos com a intenção de proporcionar um entendimento didático. Portanto, não é exaustivo nem tampouco preciso.

Quadro 6 – Linhas de pesquisa¹²⁶ identificadas voltadas ao CAADD¹²⁷

	Linhas de pesquisa
1	Agentes Autônomos; Sensores, Dispositivos Pró-Ativos; Visualizadores Remotos
2	Aplicação de Diferentes Mídias nos Processos Criativos; Projeto Conceitual; Processos de Pré-Projeto; Criatividade e Mídia Digital
3	Desenho Paramétrico
4	Estruturas Complexas; Pesquisa da Forma
5	<i>Evolutionary Design</i> ; Método Evolucionário Computacional, Algoritmos genéticos
6	<i>Generative Design</i> ; Geração da Forma; Geração de Modelo; Geração de Projeto Baseado no Desempenho
7	Gramática da Forma
8	Integração Analógica e Digital no Ensino; Multimídia Aplicada ao Ensino
9	Inteligência Artificial aplicada ao CAD; Sistemas Especialistas; Tomada de Decisão; Uso de Linguagem de Programação
10	Interface Gestual, Ambientes Interativos, Projeto Interativo, Cognição em Interfaces Homem-Máquina, Utilização de Avatares, Ambientes de Prestação de Serviço em Realidade Virtual, Instituições Eletrônicas
11	Interoperabilidade, Padrões de Transferência de Dados, IFC, X3D, VRML, STEP, IGES, XML
12	Modelo de Informação do Edifício (<i>Building Information Model - BIM</i>)
13	Projeto Colaborativo, Tecnologia de Informação e Comunicação aplicada ao CAD, Ambientes Colaborativos Remotos
14	Fabricação Digital
15	Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Virtualidade Aumentada, Realidade Mista e Ciberespaço
16	Renderização, Tratamento Digital de Imagens, Foto-Realidade
17	Sintaxe Espacial
18	Sistemas Baseados no Conhecimento, Representação do Conhecimento, Comportamentos Adaptativos, Mecanismos de Aprendizado
19	Gerenciamento de recursos
20	Técnicas de Análise Computacional; Desempenho, Eficiência e Otimização; Método de Elementos Finitos

Fontes:

- (1) KALAY, 2004, p. 419-432; MAHER, MEERRICK e SAUNDERS, 2007, p. 447;
- (2) CHEN, 2007, p. 572; KOLAREVIC, 2005, p. 198;
- (3) SCHNABEL, 2007, p. 237; MONEDERO, 1997; CELANI, 2003, p. 21-38;
- (4) KLOFT, 2007, p. 138-147;
- (5) CELANI e PUPO, 2007; RESENMAN e PREEMA, 2007, p. 140;
- (6) IORDANOVA, TIDAFI e PAOLI, 2007, p. 87; KOLAREVIC, 2005, p. 195-199;
- (7) KALAY, 2004, p. 272-274; BENRÓS, DUARTE e BRANCO, 2007, p. 164;
- (8) STAVRIC, SCHIMEK e WILTSCHE, 2007, p. 61; MOERE, 2007, p. 83; CHEN, 2007, p. 571;
- (9) BARKI, 2000, p. 3; CELANI, 2003, p. 131; KALAY, 2004, 48-56;
- (10) HIRSCHBERG, FRÜHWIRTH e ZEDLACHER, 2007, p. 225 e 233;
- (11) KALAY, 2004, p. 154-157 e 464; PENTTILÄ, 2007, p. 292; HOLZER e TENGONO, 2007, p. 303; MITCHELL, WONG e PLUME, 2007, p. 318; BRUTZMAN e DALY, 2007, p. 2-7;
- (12) KALAY, 2004, p. 157; KOLAREVIC, 2005, p. 197; RAHIM, 2005, p. 179; PENTTILÄ, 2007, p. 301;
- (13) KALAY, 2004, p. 398-418; MITCHELL, WONG e PLUME, 2007, p. 317; MOUM, HAUGEN e KOCH, 2007, p. 331;
- (14) WHALLEY, 2005, p. 36;
- (15) KALAY, 2004, p. 182-186 e 455-473; WANG, 2007, p. 17; STAVRIC, SCHIMEK e WILTSCHE, 2007, p. 67;
- (16) KIANG e CHUNG, 2007, p. 431-443;
- (17) MITCHELL, 1977, p. 155; AMORIM, 1997;
- (18) PENG e GERO, 2007, p. 417;
- (19) www.archibus.com acesso em 31/12/2008;
- (20) MALKAWI, 2005, p. 87.

¹²⁶ Quando as expressões estrangeiras são mais habituais e/ou difundidas no meio acadêmico ou comercial, optou-se por não traduzir para a língua portuguesa.

¹²⁷ Quadro elaborado pelo autor da dissertação a partir das fontes indicadas.

A seguir apresenta-se uma abordagem sucinta das linhas de pesquisa sobre o tema *CAD*, ou mais precisamente sobre *CAADD*.

6.4.1 Agentes Autônomos, Sensores, Dispositivos Pró-Ativos e Visualizadores Remotos

Os chamados “edifícios inteligentes” contêm dispositivos e instalações que auxiliam na gestão e utilização dos ambientes. Os chamados agentes autônomos são intrinsecamente dinâmicos e interativos. Por exemplo, sensores de condicionamento de ar que reconhecem a presença de mais pessoas em um recinto e, de modo automático, regulam a temperatura.

A automação e suas interfaces de comunicação permitem maior ação dos usuários sobre os ambientes. Os sistemas computacionais integram-se ao objeto arquitetônico: adaptando-se às atividades ordinárias cotidianas; assistindo o usuário sem solicitar controle direto; permitindo alto nível de interatividade; e tendo a capacidade de “entender” o contexto e apresentar um comportamento apropriado (MAHER, 2007, p. 448).

Os modelos computacionais digitais de edificações estabelecem o domínio de alcance de dispositivos pró-ativos, na tentativa de captar a informação, “aprender” e agir da maneira mais indicada para a situação.

6.4.2 Aplicação de Diferentes Mídias nos Processos Criativos, Projeto Conceitual e Processos de Pré-Projeto, Criatividade e Mídia Digital

De modo geral os processos criativos convencionais são expressos em anotações, croquis, diagramas e textos. Pode-se perceber vantagens e desvantagens na prática desses processos.

A utilização de diferentes mídias e aplicação simultânea de métodos convencionais e digitais influenciam a criatividade do projeto. O pensamento criativo está sujeito a estímulos diversos, em que a criatividade está além de metodologias estabelecidas (CHEN, 2007, p. 572).

O processo de projeto conceitual na fase de pré-projeto tem sido objeto de muitas pesquisas (VINCENT, 2002, p. 40). A proposição da ferramenta *CAADD* pretende fornecer diversas visualizações do modelo digital arquitetônico para auxiliar e estimular o pensamento criativo.

6.4.3 Desenho Paramétrico

Diversos programas de informática voltados à engenharia mecânica já utilizam o conceito de projeto ou desenho paramétrico, o qual, ao informar parâmetros de um modelo virtual, este vai se alterando dentro de limites estabelecidos previamente.

“O desenho paramétrico consiste na definição de elementos construtivos pela decomposição, ou melhor, composição de objetos complexos, a partir de objetos mais simples, com base em regras de posicionamento e restrições dimensionais. O conjunto de regras e restrições é referido genericamente por parâmetros e os objetos complexos por objetos paramétricos”¹²⁸.

Objetos orientados a modelos tridimensionais utilizam-se de parâmetros relacionados para estabelecer a forma (MONEDERO, 1997, p. 3).

Elementos de uma mesma composição podem ser repetidos com diferentes parâmetros proporcionais (CELANI, 2003, p. 24).

As composições paramétricas permitem contínuos reajustes e revisões versáteis no objeto e sua difusão para as partes interessadas. A precisão do desenho necessária, nesse caso, atenta contra a dinâmica criativa dos processos projetuais (FUERTES et AL, 2007).

O desenho paramétrico altera-se à medida que é fornecido informações ao sistema. Apesar do programa computacional não alterar imediatamente a maquete eletrônica, este permite alterar os parâmetros de desenho e gerar novos arranjos de objetos volumétricos.

6.4.4 Estruturas Complexas e Pesquisas da Forma

Mesmo registrando-se muitas pesquisas o computador, na arquitetura, ainda é utilizado para montar sofisticadas visualizações e geometrias complexas (FLÓRIO, 2005; ELEZKURTAJ e FRANCK, 2002, p. 1).

¹²⁸ Conceito apresentado pelo Prof. Dr. Marcelo Eduardo Giacaglia em reunião ocorrida em junho de 2008.

A manipulação simbólica em sistemas *CAAD* é um exercício de investigação formal para minimização de disposição de recursos.

Determinadas edificações foram viabilizadas a partir das explorações simuladas de comportamentos de materiais construtivos. A pesquisa da forma tem permitido a construção de audaciosos projetos do ponto de vista estrutural (KOLAREVIC, 2005, p. 197 e 205; KLOFT, 2005, p. 141).

Apesar da edificação habitacional não ser, geralmente, concebida utilizando-se estruturas complexas no sentido formal, há muitas variáveis que envolvem sua construção. Um programa computacional de geração de arranjos físicos, e conseqüentemente, da forma arquitetônica permite maior velocidade na visualização das possibilidades formais e que atenda aos dimensionamentos requeridos dos ambientes.

6.4.5 *Evolutionary Design*, Método Evolucionário Computacional, Algoritmos genéticos

Projetos são caracterizados por gerar formas em resposta a necessidades funcionais.

Algoritmo genético é uma subdivisão de algoritmos evolucionários e são empregados na busca de soluções aproximadas, isto é, não são verificadas todas as possibilidades para se encontrar uma solução suficiente (RESENMAN e PREENA, 2007, p. 148).

John Frazer é um dos pioneiros do *evolutionary design* para a geração e otimização de estruturas espaciais. O pesquisador relaciona as formas arquitetônicas ao fenômeno de evolução natural; são denominados processos generativos e morfogênese (CELANI e PUPO, 2007). Kolarevic (2005, p. 195) denomina “morfogênese digital”.

Bentley (1998) comenta que o uso de computador para gerar formas apresenta uma coleção de possibilidades, porém envolve a montagem de representações dinâmicas e avaliação de rotinas complexas.

O emprego do conceito de algoritmos genéticos possibilita encontrar uma solução projetual que atenda determinados requisitos, sem, contudo, fazer uma busca

exaustiva de todas as possibilidades de solução, economizando esforço computacional e disponibilidade de tempo.

6.4.6 *Generative Design*, Geração da Forma, Geração do Modelo e Geração de Projeto Baseado no Desempenho

A introdução de algoritmos em modelos digitais de arquitetura possibilita codificar conhecimentos de arquitetura por meio de regras e leis, relacionados à estrutura, clima, aspectos funcionais, e estabelecer processos computacionais que gerem visualizações e simulações em diferentes condições de contexto (JORDANOVA, TIDAFI e PAOLI, 2007, p. 85).

Em 1994 Omar Akin desenvolveu o *HeGeL*, anagrama para *Heuristic Generator Layout* (AKIN, 1996 *apud* MARTINS, 1999, p. 55), um programa de computador que pretende gerar uma solução ótima para arranjos físicos de ambientes. Com abordagem bidimensional o *HeGeL* é capaz de gerar automaticamente arranjos físicos a partir de um número limitado de definições de regras heurísticas, as quais são derivadas de estudos do comportamento de um projetista humano no momento da concepção (AKIN, LIN e SEM, 1996, p. 8).

Uma ferramenta de geração de projeto produz resultados a partir de entrada de dados no sistema.

“Um sistema gerativo é aquele que produz uma variedade de soluções em potencial para serem avaliadas, podendo ser do tipo exaustivo, que gera todas as opções possíveis por “tentativa e erro”, analítico, que gera apenas as soluções potencialmente viáveis por dedução, ou ainda heurístico, que gera apenas as soluções que atendam às condições desejáveis, sem, contudo, explorar todas as possibilidades. O método criativo de projetistas humanos é, em geral, heurístico, pois, na maioria dos casos, o número de soluções viáveis para o problema de projeto é tão grande que seria humanamente impossível explorar todas as possibilidades” (CELANI, 2003, p. 130).

Shafie (2005, p. 5) comenta o uso de ferramentas computacionais estabelecendo um “diálogo” do arquiteto com o computador, em que o sistema apresenta várias caixas de diálogo solicitando respostas para gerar um plano de massas preliminar.

Segundo Shea (SHEA, 2004 *apud* KOLAREVIC, 2005, p. 199) a abordagem gerativa requer representações de forma e estrutura, as quais são codificadas em geometrias e topologias. A geração de novas formas, enquanto há instantânea retroalimentação de desempenho, por exemplo, no dimensionamento funcional, deveria guiar o operador do sistema dentro dos limites das restrições impostas.

6.4.7 Gramática da Forma

Em um artigo apresentado em 1971, Georgy Stiny e James Gips desenvolveram o conceito da Gramática da Forma. A Gramática da Forma (*Shape Grammar*) é a formalização, por meio de regras de construções geométricas a partir de elementos básicos que encerram diferentes formas, como por exemplo: pontos, linhas, volumes (KALAY, 2004, p. 272).

Utilizando regras gramaticais da linguagem de projeto arquitetônico pode-se gerar objetos tridimensionais abstratos e atribuir-lhes algum significado no contexto (BENRÓS, DUARTE e BRANCO, 2007, 164).

Ao aplicar regras de modelagem de formas geométricas, entendidas como uma “gramática” da forma, não necessariamente encontra-se uma solução adequada no “todo” de um pré-projeto arquitetônico, porém, é possível garantir que pelo menos os seus sub-sistemas, como por exemplo, os ambientes da habitação, sejam “resolvidos” de modo suficiente e consistente com relação às diretrizes pré-estabelecidas.

6.4.8 Integração Analógica e Digital no Ensino

A integração entre as modalidades de estratégias didáticas de ensino possibilita um maior alcance de compreensão de informações verbais e não verbais. A representação adequada de dados é decisiva para o entendimento da informação como um todo.

Um modelo de dados mapeados (organizados sob algum critério) possibilita professores e estudantes da área de Arquitetura explorarem diferentes visualizações dos mesmos dados, podendo encontrar novas interpretações, talvez, não perceptíveis em métodos convencionais (MOERE, 2007, p. 83).

Ao visualizar representações a partir de diferentes perspectivas, pode-se estimular novas abordagens e criações (CHEN, 2007, p. 573).

6.4.9 Inteligência Artificial Aplicada, Sistemas Especialistas, Uso de Linguagem de Programação

A utilização da inteligência artificial na arquitetura viveu um momento de euforia na década de 1980 (KALAY, 2004, p. XIV). Porém a aplicação desse conceito ainda é incipiente, especialmente em se tratando de *CAADD*.

Segundo Russel e Norvig (2004, p. 3), a inteligência artificial sistematiza e automatiza tarefas intelectuais e, portanto, torna-se relevante em tarefas em que a atividade intelectual é necessária.

O tema inteligência artificial é envolto em *marketing*, possivelmente pelo interesse que desperta e o destaque que a indústria cinematográfica tem apresentado¹²⁹. Em se tratando de algoritmos “inteligentes” aplicáveis ao *CAADD*, o campo de pesquisa encontra-se nos primórdios.

A definição de inteligência¹³⁰ remete àquele (ou àquilo) que pode aprender com base na experiência da interação com um ambiente dito exterior, isto é, a tudo aquilo que está além do seu domínio de conhecimento.

Considerando-se que um agente, para ser considerado inteligente, deve ter a capacidade de aprender quando exposto à uma situação denominada de “não rotina”, isto é, a cenários não previstos em sua “memória”, e ter a capacidade de dar respostas e/ou adaptar-se ao meio.

Devido à extrema complexidade de se implementar inteligência artificial em sistemas computacionais eletrônicos, pode-se propor limites de atuação a um determinado sistema e considerá-lo dotado de certo grau de comportamento inteligente. Tem-se, portanto, os denominados sistemas especialistas que atuam

¹²⁹ Como, por exemplo, os filmes: “2001 – Uma odisséia no espaço”, dirigido por Stanley Kubrick; “Exterminador do Futuro”, dirigido por James Cameron; “*Matrix*”, dirigido por Andy Wachowski e Larry Wachowski; e “Eu Robô”, dirigido por Alex Proyas.

¹³⁰ Segundo o dicionário Aurélio (FERREIRA, 1994, p. 365) o termo inteligência abrange: (1) faculdade de aprender, apreender ou compreender; percepção, apreensão, intelecto, intelectualidade; (2) qualidade ou capacidade de compreender e adaptar-se facilmente; capacidade, penetração, agudeza, perspicácia; (3) maneira de entender ou interpretar; interpretação; (4) acordo, harmonia, entendimento recíproco; (5) relações de entendimentos secretos; conluio, maquinação, trama; (6) destreza mental, habilidade; (7) pessoa inteligente.

em uma restrita área do conhecimento, podendo atingir resultados bastante satisfatórios (KALAY, 2004, p. 426).

Um comportamento inteligente de um agente não humano é viável dentro de um domínio finito e conhecido. Sua implementação é feita por meio de linguagem de programação de computador. Celani (2003, p. 113) apresentou exemplos de utilização de linguagem de computador para algoritmização de processos de projeto.

Em se tratando de estabelecer relações dimensionais e posicionais de objetos volumétricos, os processos decisórios atingem alto grau de sofisticação, sendo ainda incipiente o tratamento da organização do espaço por sistemas especialistas.

6.4.10 Interface Gestual, Ambientes Interativos, Projeto Interativo

As interfaces homem-máquina estarão totalmente integradas ao cotidiano quando os sistemas computacionais tiverem a capacidade de compreender plenamente a linguagem natural humana.

Muitas pesquisas têm obtido sucesso na interação e sua diversificação, como por exemplo a interação gestual tridimensional¹³¹ (PRATINI, 1999; HIRSCHBERG et al, 2007, p. 233).

A "caverna digital" é um exemplo de possibilidade de sistema de multiprojeção imersivo (ZUFFO, 2001, p. 35).

6.4.11 Interoperabilidade e Padrões de Transferência de Dados: *IFC, X3D, VRML, STEP, IGES e XML*

A interoperabilidade entre sistemas *CAD* é fundamental para a continuidade temporal dos modelos digitais. A continuidade temporal permite cambiar o modelo digital entre as diferentes fases do projeto, evitando refazer repetição de serviços de modelagem (GIACAGLIA, 2005, p. 69).

Há diferentes tipos de arquivo que armazenam informações geométricas. Comercialmente existem programas de computador para criação e manipulação

¹³¹ Outro exemplo de filme de ficção científica que aborda esse assunto é o "*Minority Report*", dirigido por Steven Spielberg.

de modelos tridimensionais, porém os arquivos de dados, além de serem de propriedade das empresas fabricantes, são codificados, dificultando ou impedindo sua leitura por outros sistemas.

Arquivos com estrutura de dados aberta, ou simplesmente arquivos abertos, apresentaram-se como opção mais interessante, pois, ao permitir leitura do mesmo arquivo em outro programa, seria possível criar um algoritmo que alterasse o seu conteúdo e, portanto, editar os elementos geométricos armazenados. Segundo Kalay (2004, p. 155), são os denominados “arquivos neutros”.

O *IFC*, *Industry Foundation Classes*, é um modelo de dados, de arquivo neutro, desenvolvido pelo *IAI*, *International Alliance for Interoperability*, fundado em 1994 (www.iai-international.org), para troca de informações entre envolvidos no contexto de *AEC* (GIACAGLIA, 2005, p. 72; HOLZER e TENGONO, 2007, p. 313 e 314; MITCHELL, WONG e PLUME, 2007, p. 317).

Em ambiente *Web*¹³² ou *Internet* existem aplicações que *renderizam* cenas tridimensionais. E possuem os seguintes formatos de arquivos: *wrl*, *x3d*, *x3dw*.

O tipo de arquivo neutro mais utilizado na indústria de CAD é o *DXF*¹³³. O padrão *IGES*¹³⁴ foi o primeiro formato de arquivo neutro a ser desenvolvido, em 1978 (KALAY, 2004, p. 155).

O uso de arquivos neutros, como por exemplo, o *X3D*, possibilita desvincular-se do uso de programas de computador denominados proprietários.

A tecnologia em *software* denominada *X3D*¹³⁵ baseia-se na sintaxe *XML*¹³⁶ e *VRML*¹³⁷; é uma plataforma aberta e em grande expansão. *X3D* significa

¹³² A *World Wide Web*, rede de alcance mundial, também denominada como *Web*, é um sistema de documentos em hipermídia que são interligados.

¹³³ É um arquivo de intercâmbio para modelos de *CAD*. Este arquivo é muito importante pois se torna um espécie de padrão internacional para todos os programas de *CAD* e áreas correlatas.

¹³⁴ O padrão *IGES* (*Initial Graphics Exchange Specification*) formata o arquivo como texto puro. Isto facilita a sua migração para qualquer plataforma de computador conhecida. O arquivo é composto de dois tipos de entidades: as geométricas e as não geométricas. As entidades geométricas são os pontos, linhas, perfis, superfícies etc. As não geométricas são os textos explicativos, as designações de cores e outras similares.

Extensible Three-Dimensional Markup Language (Linguagem de Marcação Tridimensional Extensível). Os arquivos com extensão *X3D* são do tipo texto, ou seja, podem ser lidos e editados em qualquer processador de textos. Um arquivo *X3D* contém informações sobre uma cena que pode ser carregada e visualizada em um *browser*¹³⁸, o qual *renderiza*¹³⁹ o conteúdo *X3D*. Além disso, o arquivo pode conter *hyperlinks*¹⁴⁰ para outros *sites* com outras cenas e/ou outros objetos que podem compor a cena visualizada. Portanto, é uma tecnologia bastante poderosa no sentido de possibilitar extensas abordagens de organizações e relações entre objetos criados virtualmente. A possibilidade de representação de maquetes eletrônicas na *Internet* faz do padrão *X3D* uma alternativa tecnológica robusta e viável, pois permite visualização tridimensional interativa da cena.

6.4.12 Modelo de Informação do Edifício (*BIM*)

O conceito *Building Information Model* (*BIM*) ou Sistema de Informação do Edifício tem se tornado uma das maiores tendências contemporâneas no campo de *AEC* (PENTTILÄ, 2007, p. 291 *apud* FROESE, 2003).

O *BIM* consiste em um sistema digital integrado de gestão de informações de projetos colaborativos de edificações. Em diferentes fases do projeto tem-se testado o sistema, e diversos países (EUA, Finlândia, Noruega, Japão, Alemanha, Austrália e Cingapura) têm adotado e padronizado as informações de projeto para facilitar a troca e a interoperabilidade no formato digital.

¹³⁵ *X3D* é um padrão aberto para distribuir conteúdo 3D. O *X3D* não é uma *API* (Interface de Programação de Aplicativos) de programação, nem tão pouco um formato de arquivo para troca de geometrias. Combina ambos, geometria e descrições de comportamentos instantâneos em um arquivo que tem vários formatos de arquivos disponíveis para isso, incluindo o *Extensible Markup Language* (*XML*). O *X3D* surgiu de uma revisão da especificação ISO VRML97. Para se *renderizar* um arquivo *X3d* é preciso um *browser* que está preparado para essa tecnologia.

¹³⁶ *XML* (*eXtensible Markup Language*) é uma recomendação da *W3C* para gerar linguagens de marcação para necessidades especiais. É capaz de descrever diversos tipos de dados. Seu propósito principal é a facilidade de compartilhamento de informações através da Internet.

¹³⁷ *VRML* (*Virtual Reality Modeling Language*, cujo significado é Linguagem para Modelagem de Realidade Virtual) é um padrão de formato de arquivo para realidade virtual, utilizado na *Internet*. Por meio desta linguagem, escrita em modo texto, é possível criar objetos tridimensionais podendo definir cor, transparência, brilho, textura (associando-a a um *bitmap*). Os objetos podem ser formas básicas, como esferas, cubos, ovóides, hexaedros, cones, cilindros, ou formas criadas pelo próprio programador.

¹³⁸ Aplicativo de navegação na Internet.

¹³⁹ Montar um modelo digital a partir das características geométricas e dos tratamentos de superfície de objetos previamente estabelecidos.

¹⁴⁰ Conexões entre textos de um documento; também denomina-se hipertexto.

A abordagem *BIM* tem apresentado-se como uma tecnologia promissora, estabelecendo um método de troca de dados por meio de grande plataforma de interação, além de possibilidades continuadas de gestão de dados do projeto (PENTTILÄ, 2007, p. 301).

O conceito de *BIM* é estabelecido em outros contextos, eventualmente com outras denominações, permanecendo a funcionalidade de troca de informações de modo consistente.

6.4.13 Projeto Colaborativo, Ambientes Colaborativos Remotos

O projeto arquitetônico colaborativo permite a comunicação remota entre todos os envolvidos com o processo de projeto. O procedimento requer a apresentação e manipulação de informações compartilhadas, exigindo uma infra-estrutura de rede que suporte o troca de dados, para permitir uma plataforma de discussão do projeto.

Há diferentes níveis da comunicação remota como, por exemplo, utilizando textos e troca de arquivos (*email*), voz (*VOIP*) e vídeo (*webcam*). Além desses tradicionais meios de comunicação, há outras possibilidades de interação denominadas: Ambiente Virtual Imersivo (*Immersive Virtual Environment – IVE*) e Ambiente Virtual de Computador de Mesa (*Desktop Virtual Environment – DVE*) (SEICHTER, 2007, p. 3).

Com a modelagem tridimensional *VRML* e *X3D* é possível imaginar um programa de computador na *Internet* que compartilhe modelos digitais do projeto. A utilização de aplicações *Web* é uma tendência no mercado das tecnologias de informação e comunicação.

Pode-se verificar tal situação nos *sites* disponíveis até o momento. Empresas como *Google* e *Yahoo* disponibilizam aplicações *online* para a criação e edição de documentos em formatos de texto, planilha eletrônica e apresentação de *slides*. Essas aplicações, de modo geral, funcionam sobre um *browser* de *Internet*,

carregando e *renderizando*¹⁴¹ informações textuais de arquivos com extensões¹⁴² do tipo: *htm*, *html*, *php*, *asp*, entre outros.

6.4.14 Fabricação Digital

A prototipagem virtual permite a montagem, a manipulação e a análise de objetos representados digitalmente. Os sistemas *CAD* e *CAM* têm sido utilizados nos projetos arquitetônicos, possibilitando a redução de custos nas análises (WHALLEY, 2005, p. 36).

A fabricação digital se divide em *Rapid Prototyping (RP)*, ou prototipagem rápida, que é um método aditivo de construção material camada a camada; e diferencia-se do *Computerised Numerical Control (CNC)*, ou Controle Numérico Computadorizado, que é um método subtrativo de manipulação de material a ser construído (SEELY, 2004, p. 17).

A “construção digital” da edificação possibilita antever incompatibilidades na construção física da edificação.

6.4.15 Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Virtualidade Aumentada, Realidade Mista e Ciberespaço

Realidade Virtual é um ambiente criado artificialmente, em meio digital, dispondo de diferentes mídias de interface, que simula um lugar. Pretende ser o mais real possível ao buscar estimular os cinco sentidos humanos.

Na última década houve um grande número de pesquisas para investigar tecnologias que combinem espaços virtuais e reais. A denominada Realidade Misturada (*MR*), como o próprio nome sugere, é a mistura entre o real e o virtual. Quando predomina o real, denomina-se Realidade Aumentada (*RE*), e quando predomina o virtual, denomina-se Virtualidade Aumentada (*VE*). Realidade Virtual (*VR*) são todos esses conceitos, em qualquer grau de “mistura” (WANG, 2007, p. 17).

¹⁴¹ Neologismo derivado da palavra inglesa *render* cujo significa é: fazer; inverter; servir, passar; (informática) desenhar, criar de forma automática uma imagem conforme o modelo tridimensional que se encontra no computador.

¹⁴² A extensão de um arquivo é um termo mnemônico utilizado particularmente pelo sistema operacional *MS-DOS* e *MS-Windows* para identificar o formato dos dados desse arquivo. O uso dessa representação em outros sistemas operacionais como o *Mac-OS* e o *Unix* não gera erro de sintaxe, porém também não agrega significado ao arquivo.

As aplicações da VR são jogos, comunicação à distância, tele-conferência, interação e imersão em espaços arquitetônicos, segurança Pública, entre outros.

Denomina-se ciberespaço o canal de interlocução entre pessoas, de modo não presencial.

6.4.16 Renderização, Tratamento Digital de Imagens, Foto-Realidade

Após a modelagem de objetos virtuais, é preciso aplicar um tratamento digital para que a imagem tenha um aspecto o mais real possível. Ao aplicar cores e texturas em objetos construídos em um programa de computador, pode-se *renderizar* a cena. Esse processo de *renderização* é uma simulação ótica das propriedades dos materiais que constituem a cena digital, submetidos a “iluminação virtual”, isto é, algoritmos que pretendem produzir aspectos de objetos reais, como vidro, água, fogo, pele, madeira, pedra, entre outros.

6.4.17 Sintaxe Espacial

A Sintaxe Espacial (*Space Syntax*) foi desenvolvida por Bill Hillier, Julianne Hanson e colaboradores da Universidade de Londres, a partir da década de 70 (Século XX), e busca descrever a configuração do traçado e as relações entre diferentes tipos de espaço urbano e de edificações e auxiliar o arquiteto urbanista a simular efeitos sociais de um projeto.

Diferentes espaços podem ser divididos em unidades menores, independentemente da escala em que se encontram, mapeados e relacionados entre si, para facilitar a análise das informações.

A Sintaxe Espacial se utiliza da teoria dos grafos, um ramo da matemática. Os grafos são um conjunto de pontos chamados de vértices (ou nós) conectados por linhas (ou arestas). Tanto os vértices como as arestas podem ter pesos numéricos associados para permitir diferentes análises. Há uma relação direta entre teoria dos grafos e topologia¹⁴³. A topologia permite análises geométricas e de posicionamento independente da forma dos elementos constituintes. O interesse de sua utilização na arquitetura e no urbanismo se deve ao fato de

¹⁴³ Ramo da matemática que estuda as propriedades de figuras geométricas que não mudam quando a forma da figura é submetida a sucessivas deformações (http://www.priberam.pt/dlpo/definir_resultados.aspx visitado em 23/05/2008).

esse conceito proporcionar análises de relacionamentos entre os espaços mapeados.

6.4.18 Sistemas Baseados em Conhecimento (KBS)

Denomina-se *Knowledge-Based Systems (KBS)* os sistemas baseados em conhecimento.

A montagem de uma base de conhecimento é o objetivo da engenharia do conhecimento. Um engenheiro de conhecimento investiga um domínio específico, organiza e cria uma representação formal dos objetos e relações desse domínio. De posse de uma base de conhecimento especializada, contendo representações do domínio, cria-se um motor de inferência genérico, responsável pelo "raciocínio" ao tratar com as informações da base de conhecimento (HERRERO, 2002, p. 122 e 123; RUSSELL e NORVIG, 2004, p. 252 e 253).

No caso específico, o principal objetivo da engenharia do conhecimento é aperfeiçoar a confiança dos sistemas *CAD* no domínio do projeto arquitetônico.

Segundo Zreik (1991, p. 399), a engenharia do conhecimento é dividida em conhecimento geral controlado, conhecimento geral incontrollado, conhecimento especializado, conhecimento subjetivo, e o desconhecido.

A geometrização de restrições espaciais a partir de resultados de APOs e legislações e normas possibilita a montagem de uma extensa base de dados, qual, dependendo das relações e associações estabelecidas entre as informações, pode servir como um Sistema Baseado em Conhecimento.

6.4.19 Gerenciamento de recursos

Sua maior aplicação é no urbanismo, pois trata de escalas maiores em relação às escalas de uma edificação, ou conjunto de edificações que, de modo geral, é o domínio da arquitetura. Apesar disso, a localização e inventário de objetos em um trecho delimitado, podendo ser até mesmo o interior de uma edificação, pode ser obtida por um sistema do tipo *GIS*.

Os sistemas denominados *CAFM*, *Computer Aided Facilities Management*, ou Gerenciamento de Recursos Assistido por Computador, permitem referenciar espacialmente e valorar objetos de uma instituição.

6.4.20 Técnicas de Análise Computacional

Aplicações específicas como análise térmica, acústica, de iluminação, estruturas, entre outras, são desenvolvidas com técnicas de análise computacional. Há domínios específicos em cada uma dessas sub-áreas (MALKAWI, 2005, p. 87-93).

Algoritmos específicos de análise computacional podem ser aplicados a um modelo digital e extrair informações de acordo com a estrutura do programa computacional. Por exemplo, tendo-se uma unidade habitacional em modelo digital tridimensional, equipada com mobiliário, pode-se desenvolver um algoritmo que analise a qualidade funcional do arranjo físico existente e emitir relatórios para avaliação dos resultados.

6.5 Instituições e Eventos voltados ao CAADD

Diversos grupos de pesquisas, ao redor do mundo, têm pesquisado o uso do computador em projetos arquitetônicos e intervenções urbanísticas.

O *Design Machine Group* (DMG, <http://dmg.caup.washington.edu>) é um grupo de pesquisa colaborativo vinculado ao Departamento de Arquitetura da Universidade de Washington e baseia suas investigações na premissa de que as novas mídias estão revolucionando a prática da Arquitetura e do Urbanismo.

A entidade *CAADFutures Foundation* (<http://www.caadfutures.org>) é responsável pela conferência bianual denominada *CAADFuture* e cuja publicação dos anais recebe o mesmo nome.

O *CuminCAD* é um *site* que centraliza e acumula artigos sobre o tema CAAD (<http://cumincad.scix.net>).

Há organizações similares voltadas à pesquisas em CAAD na Europa (*eCAADe*), na América do Norte (*Acadia*), na Ásia/Oceania (*CAADria*), na Ásia Ocidental e na África do Norte (*ASCAAD*) e Latino-Americana (SIGRADI), as quais promovem periodicamente encontros e conferências.

O *eCAADe* é uma entidade sem fins lucrativos, fundada em 1983, cujo objetivo é promover a boa prática e compartilhamento de informações sobre a utilização do

computador na pesquisa e ensino de arquitetura (<http://www.ecaade.org>). A entidade organiza uma conferência anual de mesmo nome e sua sede situa-se na cidade de Bruxelas, capital da Bélgica.

A SIGRADI (Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital) reúne arquitetos, urbanistas e *designers* (<http://sigradi.uchilefau.cl>) e realiza um Congresso anual para debater questões voltadas às tecnologias de computação gráfica.

A ACADIA (*Association for Computer Aided Design in Architecture*) é uma instituição formada na década de 1980 com a proposta de facilitar a comunicação e o pensamento crítico do uso de computadores na arquitetura, planejamento e construções (<http://www.acadia.org>).

A CAADria (*The Association for Computer Aided Architectural Design Research in Asia*) foi fundada em 1996 com interesse no avanço e compreensão de ferramentas e aplicações de métodos digitais de projeto na arquitetura (<http://www.caadria.org>).

A ASCAAD (*Arab Society for Computer Aided Architectural Design*) é uma entidade de pesquisa sobre o tema CAAD e reúne países do chamado mundo árabe (<http://www.ascaad.org>).

O *Architectural Computing Organisation* (www.architecturalcomputing.org) é uma organização formada em 2002 entre cinco organizações internacionais voltadas aos sistemas CAAD: eCAADe, ACADIA, SIGraDi, CAADRIA e CAAD Futures. É responsável pelo periódico *International Journal of Architectural Computing*, o qual promove pesquisas e transferência de tecnologia de projeto e informática por meio de publicação interativa e artigos em jornal multimídia.

Não há no Brasil instituições voltadas exclusivamente à pesquisa de utilização de computadores na arquitetura. A Sociedade Brasileira de Computação, SBC, é a organização nacional (www.sbc.org.br) que realiza o Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, SIBGRAPI. O Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada, IMPA ([www.impa.br/opencms/pt](http://wwwimpa.br/opencms/pt)), tem editado diversas publicações voltados ao tema da Computação Gráfica. A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura, AsBEA (www.asbea.org.br) tem contribuído para a normatização de desenhos CAD.

As organizações voltadas à utilização do computador na prática arquitetônica têm permitido o intercâmbio de informações entre pesquisadores e profissionais.

6.6 Programas de computador para a arquitetura

Kolarevic e Malkawi (2005, p. 3) mencionaram uma aparente “desconexão” entre geometria e análise nas ferramentas digitais de auxílio à arquitetura, em que a abordagem de um não necessariamente implicaria na complementaridade do outro.

Em 1977, Cross (1977, p. 29) estabeleceu três classificações para os sistemas CAD: análise, síntese e avaliação. O termo “análise” indicaria o interesse em “encontrar meios que determinassem os corretos componentes físicos de uma estrutura” a ser projetada. O termo “síntese” apontaria soluções para geração automática do projeto, o que, segundo esse autor, tem fascinado muitas pesquisas na área de CAAD, com destaque para os temas “arranjo físico de ambientes” e “problema de alocação de espaço e circulação”.

Também em 1977, Maver (1977, p. 64) comentou que a operação da atividade de projeto arquitetônico poderia ser classificada em quatro itens: análise, síntese, apreciação e decisão, sendo que o item apreciação poderia ser subdividido em outros três: representação, medição e avaliação. Em 1985, Maver (1985 *apud* SHAFIE, 2005, p. 3) sugeriu uma classificação em cinco itens, como citado anteriormente: análise, síntese, apreciação (avaliação), seleção e apresentação. A “análise” teria a incumbência de apresentar dados alfanuméricos; a “síntese” seria responsável por gerar geometrias; a “apreciação (avaliação)” verificaria a adequação de acordo com critérios definidos; a “seleção” basear-se-ia na “apreciação (avaliação)” e elegeria uma solução para o problema em questão; e, por fim, a “apresentação” exibiria de modo apropriado a solução. Nessa classificação, o processo de projeto estaria sujeito a todos esses itens, em todas as suas fases, sendo incrementado de informação em cada estágio até atingir uma solução suficiente.

Em sua publicação *“Architecture’s New Media”*, Kalay (2004, p. 9-13) sugere que o processo de projeto está subdividido em quatro itens: análise, síntese, avaliação e comunicação.

Maver é citado por Kolarevic (2005, p. 198) e expõe outra abordagem:

“O projetista gera uma hipótese de projeto que é a entrada de dados no computador (representação); o programa de computador modela o comportamento do projeto hipotético e apresenta medições de custo e desempenho sob um número de critérios relevante (medição); o projetista (talvez em conjunto com o cliente) emprega seus julgamentos de valor (avaliação) e decide sobre apropriada alteração da hipótese do projeto (modificação).”
(MAVER, 1980 *apud* KOLAREVIC, 2005, p. 198).

No Quadro 7 é apresentada uma lista de características que podem ser encontradas em um programa computacional do tipo *CAADD*¹⁴⁴. Os itens foram identificados a partir da análise da documentação disponível dos programas computacionais. A coluna “Classificação” pretende indicar a classificação das funcionalidades de um programa computacional *CAADD* a partir da conceituação dos processos de projeto arquitetônico.

¹⁴⁴ Generalizou-se os programas de computador para uso na arquitetura denominando-os como *CAADD*.

Quadro 7 – Listagem de características de um programa de computador *CAADD*

	Característica	Classificação
1	Análise do Modelo Digital	Análise
2	Animação Gráfica	Apresentação/Representação
3	Aplicação de Texturas, Cores ou <i>Bitmaps</i>	Apresentação/Representação
4	Avaliação/Tratamento de Desempenho Acústico	Apreciação/Avaliação
5	Avaliação/Tratamento de Desempenho Dimensional Funcional	Apreciação/Avaliação
6	Avaliação/Tratamento de Desempenho Lumínico e Insolação	Apreciação/Avaliação
7	Avaliação/Tratamento de Desempenho Térmico	Apreciação/Avaliação
8	Biblioteca de Modelos e Símbolos	Representação
9	Busca Heurística	Seleção
10	Camadas de Desenho	Representação
11	Comandos de Precisão	Representação
12	Desenho Híbrido 2D/3D	Síntese
13	Desenho Paramétrico / Componentes Dinâmicos	Síntese
14	Desenho/Modelagem Vetorial Bidimensional	Síntese
15	Desenho/Modelagem Vetorial Tridimensional, Primitivas	Síntese
16	Dimensionamento Facilitado	Análise
17	Documentação Facilitada, Quantificação de Material	Análise
18	Foto-Realidade, Renderização, Simulação Ótica	Apresentação/Representação
19	Geração Automática de Elementos Arquitetônicos (Escada, Telhado, Elevador)	Síntese
20	Geração de Geometria, Síntese Espacial, Geração de Arranjo Físico	Síntese
21	Geração de Topologia	Síntese
22	Integração com Base de Dados	Análise
23	Interoperabilidade entre Sistemas	Representação
24	Modelo de Informação do Edifício (<i>BIM</i>)	Apresentação/Representação
25	Operação Booleana tridimensional	Representação Análise
26	Possibilidade de Entrada de Dados por Linha de Comando	Apresentação/Representação
27	Suporte à Linguagem de Programação	Representação
28	Suporte à impressão	Representação
29	Suporte a textos	Apresentação/Representação
30	Tratamento de Superfícies Assimétricas, Modelagem de Terreno	Apresentação/Representação
31	Verificação de Interferências	Análise Apresentação/Representação
32	Visualização Tridimensional Dinâmica (girar, caminhar)	Apresentação/Representação
33	Visualização Tridimensional Estática (perspectivas)	Apresentação/Representação

Fonte: MITCHELL, 1977; AKIN, 1986; MONEDERO, 1997; VINCENT, 2002; CELANI, 2003; KALAY, 2004; PRADO, 2005; KOLAREVIC, 2005; DONG, MOERE e GERO, 2007.

Sobre o Quadro 7, algumas considerações são destacadas: o item 1 se refere à possibilidade de se retirar informações alfanuméricas de um modelo digital qualquer, inclusive tridimensional; o item 9 indica a funcionalidade de busca heurística sobre características geométricas do modelo digital; o item 12 indica a característica do programa computacional que, ao desenhar em modo bidimensional, reflete a alteração no modo tridimensional, e vice versa; o item 20 indica a característica do programa computacional efetuar síntese espacial, ou seja, gerar arranjo físico segundo critérios pré-definidos; o item 23 indica a possibilidade de importação e/ou exportação dos dados do programa; o item 24 mostra se o programa possui suporte à tecnologia *BIM*; o item 31 indica se o

programa faz verificação de interferência entre objetos volumétricos posicionados de modo conflitante na cena do modelo digital.

O Quadro 8 apresenta, em sua maioria, programas de computador de “cunho genérico e não especializado”, como observado por Lawson (1999, p. 33). Sendo que alguns já apresentam características mais específicas como: a geração automática de elementos arquitetônicos e parametrização de componentes (esquadrias, escadas, etc.).

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
		3D Home Architect	3D Studio MAX	A9CAD Pro	Acústico 3.0	Allplan	ArCAD 3D	Archibus	ArchiCAD	ArchiTECH.PC	Architectural Desktop	Arquitrop	Arris	AutoCAD	Bentley Architecture	BlenderCAD	BoCAD-3D	BRL-CAD	BuildersCAD	CAD00.o	Chief Architect	CYCAS	DataCAD	Dr. GEO	Easy CAD	Ecotect	EliteCAD Architektur	Fandango	FloorPlan	FreeCAD	gCAD3D	Google SketchUp	Home Plan Pro	ICAAADS CAD	JustCad	LeoCAD	LignumCAD	LiveCAD	Medusa 4	Microstation	oCADis	OCTree	PhytonCAD	PowerCAD	Pro/Engineer	ProgeSOFT IntelliCAD	qCAD	Quickie Architect	Radiance Desktop	Relux Professional 2007	Revit Architecture	Rhino 3D	SagCAD	SISCAD-P	SketchBoard	SPIRIT	ThanCAD	TurboCAD	VariCAD	Varkon	VectorWorks Architect	ZwCAD
1	Análise do Modelo Digital																																																													
2	Animação Gráfica																																																													
3	Aplicação de Texturas, Cores ou Bitmaps																																																													
4	Avaliação/Tratamento de Desempenho Acústico																																																													
5	Avaliação/Tratamento de Desempenho Dimensional Funcional																																																													
6	Avaliação/Tratamento de Desempenho Luminico e Insolação																																																													
7	Avaliação/Tratamento de Desempenho Térmico																																																													
8	Biblioteca de Modelos e Símbolos																																																													
9	Busca Heurística																																																													
10	Camadas de Desenho																																																													
11	Comandos de Precisão																																																													
12	Desenho Híbrido 2D/3D																																																													
13	Desenho Paramétrico / Componentes Dinâmicos																																																													
14	Desenho/Modelagem Vetorial Bidimensional																																																													
15	Desenho/Modelagem Vetorial Tridimensional, Primitivas																																																													
16	Dimensionamento Facilitado																																																													
17	Documentação Facilitada, Quantificação de Material																																																													
18	Foto-Realidade, Renderização, Simulação Ótica																																																													
19	Geração Automática de Elementos Arquitetônicos																																																													
20	Geração de Geometria, Síntese Espacial, Geração de Arranjo Físico																																																													
21	Geração de Topologia																																																													
22	Integração com Base de Dados																																																													
23	Interoperabilidade entre Sistemas																																																													

Obs.: Quadro elaborado pelo autor da dissertação a partir dos sítios mencionados na linha «Fontes»

Quadro 8 - Listagem e Classificação de programas CAAD

O Quadro 9 apresenta programas de computador experimentais identificados em literatura técnica. A coluna “abordagem” seguiu a classificação de Maver, de 1985.

Quadro 9 – Programas de computador experimentais

	Ano	Programa de Computador	Autor	Característica proposta	Abordagem	Ref
1	1962	<i>HIDECS (Hierarchical Decomposition of a Set with na Associated Graph)</i>	ALEXANDER e MANHEIM	1. Aplicação de teoria dos grafos para estruturação de pendências.	Representação	4
2	1963	<i>CRAFT</i>	ARMOUR e BUFFA	1. Malha de quadrados (módulo) que representam uma planta baixa	Representação	1
3	1964	<i>COPLANNER (Computer-Oriented Planning)</i>	SOUDER	1. Simular o movimento de pessoas e equipamentos.	Avaliação	4
4	1964	<i>IBIS (Industrialized Building Systems and Component Exhibition)</i>	NEWMAN	1. Projeto de residências	Representação	1
5	1964	<i>Whitehead and Eldars Program</i>	WHITEHEAD e ELDARS	1. Geração automática de arranjo físico de ambientes	Síntese	4
6	1967	<i>AIDA (Analysis of Interconnected Decision Areas)</i>	LUCKMAN	1. Grafo de decisões.	Análise	4
7	1967	<i>ALDEP</i>	SEEHOF E EVANS	1. Malha de quadrados (módulo) que representam uma planta baixa	Representação	1
8	1967	<i>ICES (Integrated Civil Engineering System) / STRUDL</i>	ROOS	1. Análise estrutural	Análise	1
9	1967	<i>SCOLA</i>	JONES	1. Sistema de componentes industrializados da edificação	Representação	1
10	1967	<i>The West Sussex</i>				4
11	1968	<i>CRAFT-3D</i>	CINAR	1. Determinar relativa alocação de instalações para minimizar custos.	Análise	2
12	1968	<i>IMAGE</i>	JOHNSON	1. Representação de espaços em paralelepípedos retangulares, dados dimensão e locação de coordenadas; 2. Emprego de restrições utilizando pesos.	Síntese	1
13	1968	<i>Sketchpad</i>	SUTHERLAND		Representação	3
14	1969	<i>CITY-SCAPE</i>	KAMNITZER	1. Simular o movimento de pessoas.	Avaliação	4
15	1970	<i>IBIS (Issue Based Information System)</i>	RITTEL	1. Organização de informações sobre o projeto.	Representação Avaliação	9
16	1970	<i>BUILD</i>	TEAGUE	1. Subsistema de projeto de arquitetura	p. 83	1
17	1970	<i>CLUSTER</i>	MILNE	1. Estruturação de informações.	p. 30	4
18	1970	<i>Sketchpad III</i>	JOHNSON		Representação	
19	1970	<i>STUNI</i>	WILLOUGHBY	1. Geração automática de arranjo físico de ambientes; 2. Interatividade; 3. Armazenar multi-soluções.	Síntese	4
20	1970	<i>URBAN-5</i>	NEGROPONTE	1. Organizar elementos no monitor utilizando o teclado e caneta ótica	Avaliação	1
21	1971	<i>DPS (Design Problem Solver)</i>	PFEFFERKORN	1. Geração de arranjo físico	Síntese	6

continuação

	Ano	Programa de Computador	Autor	Característica proposta	Abordagem	Ref
22	1971	<i>INTU-VAL (Intuition and Evaluation)</i>	KAMNITZER e HOFFMAN	1. Programa de computação gráfica <i>online</i> para projeto e avaliação interativos	Análise Síntese Avaliação	4
23	1971	<i>MDS (Multi-Dimensional Scaling)</i>	KERNOHAN <i>et al</i>	1. Converte informação numérica em configuração espacial.	Análise	4
24	1971	<i>PACE (Package for Architectural Computer Evaluation)</i>	MAVER	1. Pacote de avaliação; 2. Uso interativo; 3. Acesso online.	Avaliação	4 e 7
25	1972	<i>BAID (Basic Architectural Investigation and Design)</i>	AUGER	1. Arranjo físico do sítio urbano (iluminação, insolação, privacidade)	Síntese	4
26	1972	<i>CEDAR (Computer-Aided Environmental Design Analysis and Realisation)</i>	CHALMERS	1. Geração de geometria para minimizar custos.	Síntese	4
27	1972	DOMINO	MITCHELL e DILLON	1. Arranjo físico de planta baixa de escritórios por busca heurística	Síntese	1
28	1972	<i>HARNESS</i>	MEAGER	1. Construção de Hospital	Representação	4
29	1974	<i>AIM (Architectural Inference-Making)</i>	AKIN	1. Simular o processo de fazer inferências na arquitetura	Análise	10
30	1974	<i>Minimum House Plans</i>	MITCHELL	1. Minimizar o custo na geração da configuração geométrica	Síntese	4
31	1974	<i>OXSYS</i>	HOSKINS	1. Estimação de custos; 2. Desempenho estrutural; 3. Análise ambiental.	Análise	4
32	1974	<i>STRAIN</i>	HEROT	1. Busca iterativa <i>top-down</i> de informação	Análise	10
33	1975	<i>BDS (Building Description System)</i>	EASTMAN	1. Modelagem de sólidos; 2. Base de dados para edificação.	Representação	3
34	1975	<i>HUNCH</i>	TAGGART	1. Interpretação de traço.	Representação	10
35	1975	<i>IDAS (Integrated Designer's Activity Support System)</i>	MATSUKA, KAWAIE e UNO	1. Armazenar descrições do edifício e sequência de decisões de projeto.	Representação Análise	3
36	1975	<i>MARGIE</i>	SHANK	1. Inferência conceitual	Análise	10
37	1975	<i>MINI-SP (Mini-Space Planner)</i>	EASTMAN	1. Planejamento do espaço do edifício.	Representação	5
38	1975	<i>SPACES 1</i>	ABACUS ¹⁴⁵	1. Auxiliar o projeto preliminar de escolas	Análise Síntese Avaliação	4
39	1975	<i>SPACES 2</i>	ABACUS	1. Auxiliar o projeto preliminar de escolas	Análise Síntese Avaliação	4
40	1975	<i>SPACES 3</i>	ABACUS	1. Auxiliar o projeto preliminar de escolas	Avaliação	4
41	1976	<i>AM</i>	LENAT	1. Busca heurística	Análise	10
42	1977	<i>CARBS (Computer-Aided Rationalized Building System)</i>	Liverpool University	1. Sistema de documentação	Representação	4
43	1977	Latombe's Program	LATOMBE	1. Organização do projeto	Representação	10
44	1977	<i>SSHA</i>	Edinburgh University	1. Projeto de residências; 2. Arranjo físico do sítio urbano.	Síntese	4
45	1990	<i>BDA (Building Design Advisor)</i>	PAPAMICHAEL	1. Integrar diferentes avaliações.	Avaliação	9
46	1990	<i>ICAADS (Intelligent Computer Aided Design System)</i>	POHL	1. Divisão do projeto entre agentes	Representação	9

continua

¹⁴⁵ *ABACUS* é sigla para *Architecture and Building Aids Computer Unit Strathclyde*, um grupo de pesquisas liderado por Thomas Maver, na Universidade de Strathclyde (EUA).

continuação

	Ano	Programa de Computador	Autor	Característica proposta	Abordagem	Ref
47	1990	SEED	FLEMMING	1. Registro do programa de necessidades; 2. Esquema de arranjo físico	Representação	9
48	1991	HeGeL (<i>Heuristic Generator Layout</i>)	AKIN	1. Simular o comportamento do projetista	Análise	10
49	1991	WRIGHT	BAYKAN e FOX	1. Efetua pesquisa a partir de restrições	Análise	11
50	1992	PREDIKT (<i>Preliminary Design of Kitchens</i>)	OXMAN	1. Sistema especialista retroalimentado por projetistas	Síntese	9
51	1994	KAAD (<i>Knowledge-Assisted Architectural Design</i>)	CARRARA	1. Dados e objetos com relacionamento hierárquico	Representação	9
52	1997	eifForm	SHEA	1. Geração de projeto estrutural e otimização; 2. Gramática da forma; 3. Geração de topologia e geometria.	Síntese	9
53	2000	ARCHIPLAN	MEDJDOUB	1. Geração de alternativas de arranjo físico de até 20 ambientes e 2 pavimentos	Síntese	11
54	2002	MetaKAAD	CARRARA	1. Dados e objetos com relacionamento hierárquico	Representação	9
55	2005	WinSABA	LIGGETT	1. Minimizar custos na disposição de ambientes	Síntese	8

Fonte: (1) WEINZAPFEL e HANDEL, 1975, p. 61-97; (2) CINAR, (3) MITCHELL, 1977, p. 16, 17, 82, 83, 93, 101, 102, 441 e 461; (4) CROSS, 1977, p. 29, 30, 32, 33; 42 e 43; (5) EASTMAN, 1975, p. 231; (6) PFEFFERKORN, 1975, p. 98-146; (7) KOLAREVIC e MALKAWI, 2005, p. 196; (8) ZHANG, 2005, p. 6; (9) KALAY, 2004, p. 73, 271; (10) AKIN, 1986, p. 141 e 142; (11) MEDJDOUB e YANNOU, 2000; MEDJDOUB e YANNOU, 2001; (12) MEDJDOUB, 1996, p. 79.

Determinados problemas arquitetônicos de arranjo espacial podem ser tratados e formalizados em algoritmos computacionais específicos. Os programas de computador listados anteriormente são compostos por conjuntos de algoritmos, muitos dos quais são responsáveis por ações específicas sobre o modelo digital. Vários autores têm buscado aprimorar ou mesmo apresentar novas abordagens algorítmicas na resolução dos problemas ora apresentados. Sobretudo Medjdoub e Yannou (2000) destacaram estudos e pesquisas de algoritmos, os quais são listadas no Quadro 10. A coluna “Abordagem/Contribuição” pretende indicar palavras-chave ou resumos explicativos, dos estudos dos respectivos autores, relacionados à automatização do planejamento do arranjo físico do espaço.

Quadro 10 – Abordagens ou contribuições relacionadas aos estudos de automatização do planejamento do arranjo físico do espaço utilizando algoritmos computacionais

Autor(es)	Ano	Ref	Abordagem/Contribuição
EASTMAN	1973	1	Gerar elementos gráficos digitais e testar a compatibilidade com as restrições inicialmente levantadas.
PFEFFERKORN	1975	1	
FLEMMING	1988	1	
BAYKAN e FOX	1991	1	Programa de Necessidades aplicando restrições.
MACULET	1991	1	
CHARMAN	1995	1	
ANDRÉ	1986	1 e 2	Tentativas de criação de Sistemas Especialistas para planejamento do arranjo físico espacial.
KOVACS	1991	1	
FLEMMING, COYNE e GLAVIN	1986	2	
DAMSKI e GERO	1997	2	Abordagem evolucionária, que trata problemas práticos, com até 20 ambientes e vários pavimentos, com soluções classificadas como sub-ótimas.
JO e GERO	1998	2	
STINY e MITCHELL	1978	2	Definição de regras de composição para a produção de todas as alternativas possíveis, de modo exaustivo.
KNIGHT	1998	2	
BAYKAN e FOX	1991	2	Técnica de programação de empreendimento utilizando restrições, onde se separa a definição de restrição e o algoritmo de resolução, o qual seja capaz de tratar problemas com muitas combinações possíveis.
AGGOUN e BELDICEANU	1993	2	
CHARMAN	1994	2	
HARALICK e ELLION	1980	2	Organização de Variável Dinâmica de modo heurístico, aumentando o desempenho de “algoritmo de busca com retrocesso”, ou seja, enumeração controlada de soluções possíveis.
SADEH e FOX	1996	2	Organização heurística de valores para satisfazer o problema com restrições de serviços compostos por conjunto de tarefas.
TSANG, BORRETT e KWAN	1995	2	Estudos sobre desempenho de algoritmos de acordo com sua operação em circunstâncias específicas.
MITCHELL e STEADMAN	1976	2	Utilização de modelo teórico diagramático utilizando a abordagem topológica como integrante do processo computacional
SCHWARZ et al	1994	2	
GENT et al	1996	2	Organização do Espaço Dinâmico (<i>DSO</i>) de modo heurístico, a partir da Organização Dinâmica de Variável (<i>DVO</i>)
SMITH e GRANT	1998	2	
BACCHUS e RUN	1995	2	
FIDUCCIA e MATTHEYSES	1982	3	Algoritmo de empilhamento (<i>SABA, Stacking and Blocking Algorithm</i>)

Fonte: (1) MEDJDOUB, 1996, p. 76-97; (2) MEDJDOUB e YANNOU, 2000; MEDJDOUB e YANNOU, 2001; 92); (3) ZHANG, 2005, p. 54-55.

A partir de definições teóricas, a implementação de técnicas algorítmicas, de modo geral, é a etapa mais complexa da montagem de um programa de computador.

“O planejamento do arranjo físico do espaço é um dos mais interessantes e complexos problemas formais do projeto arquitetônico, isto é, encontrar uma disposição espacial satisfatória

ao considerar as necessidades objetivas"¹⁴⁶ (MEDJDOUB e YANNOU, 2001, p. 47).

Segundo Kalay (2004, p. 241), o problema conhecido por "geração de arranjo físico automático"¹⁴⁷ é "um dos mais interessantes, difíceis e controversos da área de CAAD". Também afirma que esse foi um dos primeiros problemas de projeto a entrar na pauta da síntese computacional, e algumas soluções têm sido propostas.

6.7 A proposta de Benachir Medjdoub e Bernard Yannou

Medjdoub e Yannou apresentaram dois artigos intitulados "*Separating Topology and Geometry in Space Planning*" (2000) e "*Dynamic Space Ordering at a topological level in space planning*" (2001), nos quais apresentaram o programa de computador denominado ARCHiPLAN para gerar representações bidimensionais em planta baixa na abordagem do problema do "planejamento do arranjo físico do espaço" (*space layout planning*), comentado a seguir.

A partir da identificação de necessidades objetivas definem-se restrições topológicas e restrições dimensionais.

Verificou-se uma lacuna no estágio de pré-projeto arquitetônico ao utilizar computadores para auxiliar a concepção do projeto. Os rascunhos ou croquis iniciais são idéias lançadas no papel, de modo ilustrativo e, minimamente, contendo traços que pretendem representar uma organização espacial, mas sem preocupação com a precisão de medidas. Comparou-se esse estágio ao denominado nível topológico de resolução do problema.

Em uma abordagem convencional de montagem automática de soluções espaciais, em que é considerado o dimensionamento dos elementos e não a topologia, o sistema geraria uma enumeração exaustiva de solução geométrica, isto é, poderia ocorrer uma "explosão" de arranjos possíveis, talvez milhares ou milhões.

¹⁴⁶ Tradução do autor da dissertação Texto original: "*Space layout planning is one of the most interesting and complex of the formal architecture design problems, i.e. finding a satisfactory space arrangement with regards to objective requirements*".

¹⁴⁷ Tradução do autor da dissertação (texto original: "*automated floor plan generation*").

Diante disso foi proposta uma nova definição de solução topológica. Uma das vantagens em começar resolvendo o problema pelo nível topológico é encontrar um menor número de soluções, menos de cem. Isso porque a partir de uma solução topológica pode-se gerar muitas soluções dimensionais. O objetivo é então encontrar, para cada solução topológica, somente a melhor solução geométrica correspondente. Isso é possível por meio de otimização, que possibilita aplicar critérios que selecionem as soluções, diminuindo o seu número.

Para o entendimento do funcionamento do *ARCHiPLAN*, foi apresentado o modelo de arquitetura de representação do espaço (modelo arquitetônico), o modelo de representação de restrições arquitetônicas, o nível de solução topológica e o nível de solução geométrica.

No modelo arquitetônico definiu-se como seria a representação do conhecimento do tema tratado. Estabeleceu-se o “espaço genérico”, delimitado por um retângulo formado por dois pontos distintos em um plano cartesiano. Os pontos são atributos do espaço genérico e são localizados no plano por meio de coordenadas dos eixos das abscissas e das ordenadas.

Denominou-se o espaço genérico como sendo “classe espaço”¹⁴⁸ (*space class*). Dessa classe originam-se outras classes, com atributos da classe espaço e outros atributos específicos. A classe espaço contém a “classe ambiente” (*room class*), a “classe circulação” (*circulation class*) e a “classe pavimento” (*floor class*). A classe circulação contém a “classe corredor” (*corridor class*) e a “classe escada” (*stair class*). Como pode-se verificar, no *ARCHiPLAN* há uma hierarquização de classes.

Cada classe é caracterizada por seus atributos e suas restrições.

A denominada técnica de arco-consistência (*arc-consistency*) define que as restrições serão sempre respeitadas.

O domínio de um tema é delimitado reconhecendo-se o seu alcance. O conjunto formado por todos os elementos dispostos segundo algum critério denomina-se

¹⁴⁸ O termo “classe” significa: grupo ou divisão que apresenta características semelhantes; categoria; coleção ou grupo de coisas que se diferenciam pela natureza; conjunto de objetos que se define pelo fato de tais objetos, e só eles, terem uma ou mais características comuns.

domínio. Por exemplo, a quantidade de dígitos numéricos do sistema Indo-Arábico é dez, e os elementos constituintes 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 são o domínio dos símbolos que formam o sistema de numeração decimal.

Por exemplo, a representação numérica da variação possível de uma variável é: $[2,6]$ em intervalos de 0,5. Nesse caso a variável poderia assumir um dos seguintes valores: 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5 e 6, ou seja, nove valores.

O domínio de uma restrição é estabelecido por todos os valores que esta pode assumir. Não constando no domínio, a restrição não está sendo atendida.

Após a criação de um “espaço” no *ARCHiPLAN*, é possível editar seus atributos, possibilitando certo grau de interação com o sistema.

O modelo de representação de restrições arquitetônicas é definido por “restrição específica” e “restrição implícita”. As restrições específicas podem ser topológicas ou dimensionais, e são introduzidas no *ARCHiPLAN* pelo arquiteto e são armazenadas em um diagrama funcional. As restrições dimensionais são aplicáveis a um único objeto da classe espaço ou classes derivadas dessa. As restrições topológicas são aplicadas a dois ou mais objetos, podendo ser de classes distintas.

O nível de solução topológica corresponderia, segundo os autores, ao rascunho do arquiteto na fase de pré-projeto. Nessa abordagem, a solução geométrica é decorrente da solução topológica.

O *ARCHiPLAN* é um gerador automático de solução conceitual. Foi imaginado para ser utilizado por arquitetos, pois o resultado do seu processamento requer leitura e decisão técnica.

Segundo os autores, “a abordagem do *ARCHiPLAN* se ajusta aos hábitos do arquiteto”.

7 Um roteiro para desenvolvimento de programa computacional CAADD aplicando os conceitos abordados

"Qualquer coisa que a mente do homem
pode conceber, também pode alcançar"
W. Clement Stone¹⁴⁹

Procurou-se conceituar o que seria uma ferramenta computacional de auxílio não apenas ao desenho de arquitetura, mas, sobretudo, ao projeto de arquitetura de conjuntos habitacionais.

Projetar é imaginar algo que ainda não existe. Desenha-se aquilo que já está projetado, pelo menos, como uma idéia na mente. Um programa computacional de auxílio ao projeto de arquitetura contribuiria com o "pensar o projeto", a partir da entrada de dados, interpretados como informações úteis no contexto do repertório do arquiteto, e que possam ser "reconhecíveis" por um sistema que estaria programado para receber os dados. Os dados devidamente relacionados e hierarquizados gerariam representações gráficas digitais (expressão do desenho) para visualização, interação e/ou intervenção no modelo digital.

Nesse sentido alguns questionamentos se fazem preeminentes. É possível automatizar a fase de pré-projeto de arquitetura de edificações habitacionais, inclusive prevendo explorações espaço-funcionais criativas? (CELANI, 2003, p. 113-115). Até que ponto e de que maneira é viável destrinchar a complexidade do projeto arquitetônico na tentativa de "dividir para conquistar"¹⁵⁰, isto é, solucionar partes do problema pretendendo-se solucionar o todo? (HEATH, 1994, p. 18). É razoável admitir a aplicação da inteligência artificial em algoritmos especialistas no campo da arquitetura e do urbanismo, consentindo que "as máquinas nunca terão conhecimentos suficientes para apreender a complexidade e a sutileza de nosso mundo"? (DREYFUS¹⁵¹ *apud* PESSIS-PASTERNAK, 1991, p. 194 e 208;).

¹⁴⁹ Retirado de <http://www.pensador.info>, acesso em 01/01/2009.

¹⁵⁰ "Conquistar" no sentido de solucionar trechos do problema de projeto, isto é, partes menores que foram subdivididas para facilitar/viabilizar a resolução do todo.

¹⁵¹ Hubert Dreyfus em entrevista concedida a Guitta Pessis-Pasternak.

A estratégia de formulação de uma metodologia de projeto arquitetônico voltado a conjuntos habitacionais, verticais e multifamiliares, aplicável à realidade de ambientes computacionais eletrônicos foi perseguir, o quanto possível, uma abordagem pretensamente racional de como o arquiteto concebe a edificação habitacional (ALEXANDER, 1964, p. 1; GREGOTTI, 1975, p. 15; ORNSTEIN e ROMÉRO, 1992, p. 45), levando em consideração a tecnologia da informação digital conhecida até o presente momento.

O termo “roteiro” foi escolhido por designar um “caminho” a ser percorrido para se atingir o objetivo que é o desenvolvimento de um sistema *CAADD*, o qual é escopo de futuras pesquisas sobre o tema. O destaque para a utilização do artigo indefinido “um”, no caso do caminho, é enfatizar que os conteúdos expostos nesta pesquisa têm um caráter exploratório não conclusivo, ou seja, pode-se encontrar alternativas diversas para se obter um programa com características de *CAADD*.

Também o que segue (item 7.1) pode ser considerado como uma especificação de programa computacional¹⁵², descrita em linguagem textual, com figuras, diagramas e tabelas, para facilitar e tornar preciso o entendimento dos atores envolvidos antes do esforço coordenado dos técnicos especialistas na produção do sistema, tanto da área de Arquitetura e Urbanismo quanto das áreas de Ciências da Computação e Engenharia de *Software*; além, sem dúvida, da contribuição de outras áreas tais como: Psicologia, Medicina, Engenharia Civil, Sociologia, entre outras.

O alcance das investigações está concentrado no nível conceitual do método de desenvolvimento de um programa computacional *CAADD*, preliminarmente discutido, cuja meta é o entendimento satisfatório do domínio do problema, e a sua exposição organizada e relevante.

O tratamento de dados em sistemas computacionais requer uma abordagem com diferentes níveis de abstração, pois o mundo real possui a característica de não ser reproduzível, somente ser representável a partir de modelos (ver Quadro 11). Fez-se uma analogia dos processos utilizados no campo de Ciências da

¹⁵² A partir do reconhecimento do domínio de um problema real propõe-se um modelo, pretendendo-se abranger características específicas de um sistema representado, e definir um conjunto de requisitos, buscando-se gerenciar a complexidade (BOAVENTURA e MASIERO, 1990).

Computação e da Arquitetura e Urbanismo para se poder comparar, de modo contextualizado, aos processos de produção de projetos arquitetônicos. Pode-se notar nos dois campos que, quanto mais próximo do produto final, o nível de intervenção é menor, o que justifica debruçar-se com empenho nos estágios conceituais de definição das questões.

Quadro 11 – Comparação dos níveis de abstração dos processos de produção das Ciências da Computação e da Arquitetura e do Urbanismo¹⁵³

		Ciências da Computação		Arquitetura e Urbanismo	
		Mundo Real (não reproduzível)			
		Análise de Requisitos (Modelo Descritivo)		Programa de necessidades	
Conceitual	Informações Informais	Análise do Sistema (Modelo Conceitual)		Estudos de Pré-Projeto (Análise de Viabilidade até o Ante-Projeto)	
	Informações Formais				
Implantação ¹⁵⁴	Organização dos Dados (conhecimento formalizado)	Projeto do Sistema (Modelo Operacional dos Dados)		Projeto Executivo e Detalhamento	
	Execução (ação)	Modelo Computacional / Codificação (Modelo Físico / Linguagens de Alto Nível de abstração)		Construção e Instalações Técnicas	
		Modelo interno (Linguagens de Baixo Nível de abstração)			
			Produto		

Fonte: SETZER e SILVA, 2005, p. 3-15; GIACAGLIA, 2005, p. 70; Autor da dissertação

A opção pela abordagem tridimensional¹⁵⁵ justifica-se pela maior proximidade do modelo com o real, e também porque o problema do espaço no projeto arquitetônico não é meramente bidimensional (HEATH, 1994, p. 24). As relações

¹⁵³ Adaptado de anotações e croquis do Prof. Dr. Marcelo Eduardo Giacaglia ocorridos em reunião com o autor desta dissertação, na data de 10/07/2008.

¹⁵⁴ O termo implantação aqui utilizado refere-se à execução de um planejamento de projeto, de modo genérico. O termo também é utilizado na arquitetura e no urbanismo para indicar o posicionamento dos objetos arquitetônicos em um terreno (lote urbano).

¹⁵⁵ Coloquialmente indicado pelo termo 3D.

volumétricas ocorrerão por operações de concatenação, justaposição, e intersecção¹⁵⁶.

Computadores processam dados, e somente dados. O homem vai além: ao ler um dado, este tem a capacidade de interpretá-lo a ponto do dado tornar-se uma informação com significado prático (SETZER e SILVA, 2005, p. 2-6). Por exemplo, os dados colhidos na APO aplicada na pesquisa COL, descrita no Capítulo 4, foram confrontados com os conhecimentos dos pesquisadores envolvidos para serem entendidos como informações úteis.

A característica de realimentação de um sistema com regras de encadeamentos volumétricos e restrições espaciais define um caráter dinâmico à ferramenta computacional, além da possibilidade de manutenção contínua da abordagem do desenho arquitetônico funcional.

O desenho arquitetônico funcional da habitação prioriza a capacidade espacial, a flexibilidade dos espaços, a ergonomia, os fluxos de trabalho e outros itens que interfiram na maneira como as atividades são desenvolvidas. Isso estabelece o conceito de habitabilidade que é a adequação para morar (RIFRANO, 2006, p. 67 e 68).

O mecanismo de obtenção das informações consideradas “dinâmicas” é a Avaliação Pós-Ocupação (APO), a partir da qual se pretende que o morador da habitação seja consultado de modo contínuo – periodicamente –, além dos especialistas e dos demais envolvidos com a edificação, com o objetivo de aperfeiçoar futuros projetos arquitetônicos ou mesmo intervir na atual edificação avaliada (ORNSTEIN e ROMÉRO, 1992, p. 22).

Definiu-se que os dados provenientes de resultados de APOs voltadas à habitação social são classificados, nesse contexto, como dados “dinâmicos”, isto

¹⁵⁶ Devido à importância dos aspectos semânticos (significação das palavras) que rodeiam a ação da construção de espaços arquitetônicos, considerou-se importante citar os diferentes termos eventualmente utilizados e seus respectivos significados, sucintamente: (1) composição: dispor com certa ordem, harmonizar, conformar, amoldar-se; (2) combinação: juntar, reunir, dispor metodicamente, ajustar; (3) arranjo: pôr em ordem, dispor convenientemente, arrumar; (4) encadeamento: ligar, conexão, união, dependência de coisas homogêneas; (5) concatenação: estabelecer relação entre, relacionar, encadear; (6) contigüidade: proximidade, vizinhança, adjacência, que está em contato; (7) justaposição: pôr ao lado, pôr junto, aproximar, pôr em contigüidade; (8) dispor: arrumar, colocar em lugares próprios, colocar em certa ordem, organizar, colocação metódica; (9) intersecção: cruzamento, corte (FERREIRA, 1995).

é, que se alteram com maior frequência no tempo, e também classificou-se os dados provenientes de legislações e normas como sendo dados “estáveis”, isto é, que se alteram com menor frequência no tempo. Todos esses dados são lidos e entendidos por profissionais de Arquitetura e Urbanismo para se tornarem informações relevantes para o tema da habitação social. As informações interpretadas são então devidamente inseridas em uma base de dados preparada especificamente para a estrutura do programa *CAADD*. É um processo de “geometrizar” informações para serem manipuláveis dentro do sistema, utilizando-se conceitos matemáticos (ver Capítulo 5).

Ao se cruzar os dados estáveis e dados dinâmicos (resultados de APOs) com parâmetros de projeto e desenho fornecidos pelo arquiteto (entrada de dados), que é formalizado no sistema pelo Programa de Necessidades, existe a possibilidade de se deparar com situações insolúveis dentro de regras estabelecidas.

Tal condição talvez seja – ou não – a mais comum de ocorrer, e muito provavelmente ter-se-á encontrado um genuíno problema de arquitetura, o qual se diferencia de um problema do tipo “quebra-cabeças” (HEATH, 1994, p. 23), em que os encaixes das peças existem, bastando apenas encontrá-los, adotando-se no mínimo uma estratégia de resolução do problema, como por exemplo, por tentativa e erro, a qual, mesmo que pouco eficiente, poderá chegar ao resultado esperado. Considerando a soma das áreas dos ambientes dimensionados a partir de legislações e normas vigentes e resultados de APOs referentes a espaços funcionais poderia ser encontrado uma área maior que 50m², o que extrapola um dos critérios de caracterização de uma unidade habitacional social (Decreto N° 44.667, de 26 de abril de 2004). Nesse caso, poder-se-ia constatar que o sistema computacional seguiu as diretrizes projetuais, o que remete a pelo menos duas indagações: ou os elementos arquitetônicos e seus respectivos espaços de uso estariam super dimensionados, ou a quantidade de 50m² de área útil da unidade habitacional não atende aos requisitos mínimos de espacialidade¹⁵⁷ quando se contempla os diferentes aspectos funcionais de conforto ambiental e de acessibilidade.

¹⁵⁷ Coelho (2000, p. 67) utilizou o termo “espaciosidade”.

O que se pretende é um uma condição intermediária para o qual o computador estaria programado e preparado para a tomada de decisões de pré-projeto arquitetônico até certo grau de complexidade e, a partir dessa fronteira, o sistema estaria sujeito à tomada de decisão pelo arquiteto operador do sistema, o qual poderá “relaxar” uma ou mais restrições, ou mesmo intervir nos critérios de geração do arranjo físico, de modo a se obter soluções viáveis.

Portanto, as comparações e cálculos matemáticos previstos e definidos na área de estudo denominada Geometria Computacional poderão ser aplicados para sugerir arranjos volumétricos, representáveis virtualmente, a partir das regras estabelecidas.

O enfrentamento da complexidade do projeto arquitetônico, na perspectiva de tentativas de seu enquadramento em metodologias e abordagens pretensamente racionais é, se não impraticável, um desafio de estruturação do enunciado do problema. “O número de decisões iniciais tomadas eliminam a necessidade de examinar um grande número de possibilidades”¹⁵⁸ (HEATH, 1994, p. 22 e 24).

O Quadro 12 pretende organizar de modo estruturado um roteiro para o desenvolvimento do programa computacional *CAADD*.

Quadro 12 – Resumo do roteiro

Nº	Etapas	Item
1	Identificação de Programas de Necessidade circunstanciais	7.1.1
2	Identificação e mapeamento de variáveis dimensionais de APOs funcionais	7.1.2
3	Identificação e mapeamento de variáveis dimensionais de legislações e normas	7.1.3
4	Diagrama Conceitual (Diagrama <i>ORM</i> do sistema)	7.2.1
5	Diagrama de Casos de Uso e detalhamento dos Casos de Uso	7.2.2
6	Proposição de interface	7.2.3

Fonte: Autor da dissertação

O tratamento da complexidade de um sistema de geração de arranjos físicos de objetos volumétricos pode ser enfrentado decompondo-se o todo em partes, até o limite em que as partes possam ser devidamente equacionadas. O desafio maior talvez seja obter relevância e significado no reagrupamento das partes.

¹⁵⁸ Tradução do autor da dissertação.

7.1 Proposta

O embasamento teórico apresentado instrumentaliza a investigação de metodologias aplicáveis ao domínio da Arquitetura e Urbanismo a partir da abordagem computacional eletrônica.

De início é estabelecido que o posicionamento e o dimensionamento dos OV's, bem como as suas relações espaciais, são determinados utilizando-se vetores. O nível de detalhamento da geometria da forma dos OV's no processo de montagem do modelo digital é feito por aproximações sucessivas, utilizando-se os conceitos de representação de bordo e representação por decomposição, conforme discutido no Capítulo 5. Ou seja, do mais genérico para o mais detalhado (da abordagem discreta tendendo à abordagem contínua).

Todos os elementos da edificação habitacional são generalizados em OV's. Na escala da edificação os OV's são representados com dimensões aproximadas dos objetos reais, pois são reduzidos a PRs¹⁵⁹. Após um primeiro cálculo, ao encontrar-se um arranjo físico "candidato" a ser uma solução projetual ótima – ou pelo menos adequada – pode-se solicitar ao sistema um novo cálculo, porém, agora considerando um nível de detalhamento maior dos OV's, aumentando a precisão da visualização.

A abordagem de representação de bordo (ou contínua) tem a finalidade de obter-se a acomodação dimensional dos OV's quando esses aproximam-se da sua forma física, distanciando-se da representação em PR's, que é uma representação por decomposição (ou discreta).

Os *voxels* em um modelo tridimensional são análogos aos *pixels* de um modelo bidimensional.

Quando se encontra uma volumetria da edificação potencialmente adequada, com o agrupamento das unidades habitacionais (a quantidade de unidades habitacionais por pavimento da edificação é definida pelo arquiteto), cujo arranjo físico dos ambientes definidos, pode-se solicitar ao sistema para localizar a(s)

¹⁵⁹ O PR (paralelepípedo reto) representante de um OV possui as dimensões necessárias a envolver completamente um elemento qualquer da edificação.

edificação(ões) no lote urbano. Essa operação irá sugerir um corte/aterro do terreno, ou seja, é um rearranjo de *voxels*.

Para isso foram identificadas variáveis dimensionais de Programas de Necessidade denominados circunstanciais, de APOs e de legislações e normas.

7.1.1 Identificação de Programas de Necessidades circunstanciais

Como todo projeto arquitetônico, o conjunto de informações necessárias para desencadear o processo simultâneo de projeto e desenho está reunido no documento denominado Programa de Necessidades. Em um sistema automático de geração de pré-projeto arquitetônico de conjuntos habitacionais essa premissa de condição de existência do Programa de Necessidades também é válida.

Denominou-se Programa de Necessidades circunstancial aquele escolhido pelo arquiteto operador do sistema. É possível também o arquiteto editar o Programa de Necessidades escolhido, ou mesmo criar um novo Programa de Necessidades.

Sabe-se que o arquiteto projeta desenhando para materializar um idéia; e, ao desenhar, pode estar projetando ao mesmo tempo, ou seja, articulando idéias em constante “movimento” em um mente. A automação da geração de modelos digitais em maquetes eletrônicas pode potencializar a destreza de projetar um objeto na imaginação, ou em qualquer mídia, ao possibilitar a visualização do modelo.

Um Programa de Necessidades define e delimita o escopo para se projetar a edificação. Contêm informações precisas de quais tipos de ambientes são necessários no conjunto arquitetônico, suas características (em destaque, suas dimensões) e suas inter relações (ver Quadro 13).

Segundo Hershberger (1999, p. 3), o “Programa de Necessidades é o [próprio] Projeto”, de tão intrinsecamente relacionados estão esses dois conceitos.

Quadro 13 – Exemplo de informações de um Programa de Necessidades¹⁶⁰.

Nº	Descrição
1	Polígono do lote georreferenciado, com cotas
2	Número de unidades habitacionais por pavimento (no caso desse sistema, de 1 a 3)
3	Ambientes da unidade habitacional
4	Graus de conexão entre os ambientes
5	Graus de adjacência entre os ambientes
6	Posicionamento de cada ambiente quanto à insolação e à ventilação
7	Mobiliário, peça sanitária e equipamentos eletrodomésticos de cada ambiente

Fonte: Autor da dissertação.

Para estabelecer os limites de operação do sistema, preliminarmente – antes propriamente da utilização do sistema –, são cadastrados os tipos funcionais de ambientes, os quais fazem parte dos respectivos Programas de Necessidades¹⁶¹, e os tipos de mobiliário, peças sanitárias e equipamentos eletrodomésticos, com seus respectivos dimensionamentos, e outros atributos, a título de parâmetros de dados de entrada.

Após essa configuração inicial, as coordenadas geográficas do lote urbano são as primeiras informações solicitadas pelo sistema para a geração de um pré-projeto propriamente dito de edificação. Isso permite o posicionamento global no que se refere à insolação, latitude e direção dos ventos.

Em se tratando de conjuntos habitacionais no município de São Paulo, adota-se como limites de pré-projeto uma área de lote que varia entre 500,00m² e 20.000,00m² (Artigo 51 do Decreto Nº 11.106 de 28 de junho de 1974). O valor de referência por volta de 500,00m² seria para conter pelo menos uma edificação habitacional multifamiliar vertical; o valor de referência de até 20.000,00m² seria para conter até 400 unidades habitacionais distribuídas em mais de uma edificação habitacional multifamiliar vertical. A partir de 20.000,00m² de gleba ou mais de 400 unidades habitacionais, no contexto de incidência da legislação citada, é preciso reservar porcentagens mínimas de áreas do terreno para destinações específicas de: sistema viário oficial e particular, áreas verdes, equipamentos institucionais, lazer e comércio, o que não é contemplado no sistema. Adotou-se esse critério para restringir a abrangência das possibilidades

¹⁶⁰ Muitas outras informações podem ser elencadas e declaradas no sistema, desde que seguindo uma regra geométrica, ou pelo menos que gere desdobramentos geométricos.

¹⁶¹ Cada ambiente dito funcional é cadastrado no momento da definição do Programa de Necessidades no sistema, portanto, não há dimensões de ambientes previamente estabelecidas.

de composição espacial, na intenção de controlar ou minimizar a complexidade arquitetônica.

Cabe destacar que as restrições de legislações, normas e APOs funcionais geometrizadas no sistema são introduzidas pelo arquiteto mantenedor, mas podem ser flexibilizadas pelo arquiteto operador do sistema, ou seja, o projetista pode desativar restrições que incidem em um modelo digital corrente no sistema.

A área do polígono regular ou irregular formado pelas coordenadas geográficas do lote urbano deverá conter pelo menos uma circunferência de 10m de diâmetro. Chegou-se a esse número estimando-se a área de projeção de um pavimento-tipo no plano horizontal do lote urbano para pelo menos um apartamento por andar. Tais parâmetros de referência poderão ser alterados na codificação¹⁶² do sistema, caso necessário.

As cotas¹⁶³ do terreno são informadas a partir de uma malha ortogonal traçada sobre a projeção no plano horizontal dos limites do lote. O nível de detalhamento da malha, como por exemplo, uma malha de 1,00x1,00m, será determinado pelo arquiteto que fará a entrada de dados no sistema. Nos pontos de intersecção dos traçados da malha e nas intersecções com o polígono do limite do lote, será informada a cota correspondente. Quanto menor o distanciamento entre os pontos de cota (quadrículas menores), maior o detalhamento da superfície do terreno, e conseqüentemente, maior será o processamento dos dados na modelagem do terreno.

Tais parâmetros de entrada de informações são validados pelo próprio sistema, isto é, caso não estejam compreendidos entre os limites mínimos e máximos, é informado ao operador que os dados não atendem aos pré-requisitos de cálculo e se solicita uma nova entrada de informações.

Os parâmetros configuráveis e editáveis no sistema visam à atualização periódica de diferentes tipos de informações estáveis (legislações e normas) e dinâmicas (resultados de APOs).

¹⁶² A codificação faz parte da fase de implantação do sistema, e portando não é escopo desta pesquisa.

¹⁶³ Altitude em relação ao nível do mar.

Os atributos e as denominadas entidades de resultados de APOs que poderão ser inseridas e/ou atualizadas no sistema *CAADD* estão listadas nos quadros do item 7.1.2, sobretudo o Quadro 20. Com essa característica poder-se-ia intitular o sistema proposto como sendo um *CAADD/APO*.

Após a entrada de dados das características do sítio urbano, uma lista de ambientes da habitação é apresentada para o arquiteto definir quais ambientes irão compor a unidade habitacional. Por convenção no sistema e atendendo o Decreto N° 12.342 de 27 de setembro de 1978, nessa configuração, os ambientes "dormitório", "cozinha", "área de serviço" e "banheiro" não poderão ser desmarcados da lista, sendo, portanto, a composição mínima de ambientes de uma unidade habitacional no sistema.

Além desses ambientes definidos como "obrigatórios", outros ambientes poderão ser marcados na listagem para comporem a unidade habitacional. As áreas úteis desses ambientes atenderão aos valores mínimos (ou máximos) estabelecidos em códigos legais vigentes, porém esses valores, no momento dos cálculos de posicionamento e dimensão, estarão sujeitos a alterações conforme critérios de informações dinâmicas de resultados APOs funcionais introduzidas no sistema. Por exemplo, no caso do município de São Paulo, o Código Sanitário do Estado de São Paulo estabelece no mínimo 8m² de área útil no caso de somente existir um dormitório na unidade habitacional, 4m² de área útil para a cozinha e 2,00m² de área útil para o banheiro.

A base de dados de APOs é cumulativa, isto é, apesar de o sistema efetuar o cálculo e as comparações baseando-se nas referências dimensionais da última entrada de dados de certa APO, os dados anteriores são armazenados com o objetivo de permitir a geração de relatórios estatísticos de índices históricos e de tendências, ou mesmo futuras funcionalidades do sistema.

Na sequência o sistema apresentará um quadro com a relação dos ambientes da habitação (Quadro 15), definidos no Programa de Necessidades, para o arquiteto informar o grau de conexão entre os mesmos (ver Quadro 14).

Quadro 14 – Lista de graus de conexão entre ambientes da habitação.

Nº	Conexão
1	Obrigatória
2	Desejável
3	Indiferente
4	Indesejável
5	Proibida

Fonte: Autor da dissertação.

Pode-se observar uma classificação possível entre os ambientes da habitação. O primeiro item indica uma conexão “obrigatória” entre os ambientes; o segundo item indica uma é “desejável” que haja conexão; o terceiro item indica que a existência de conexão é “indiferente”; o quarto item indica que a conexão é “indesejável”; e o quinto item indica que a conexão entre os ambientes está “proibida”. Ou seja, é uma gradação dos tipos de conexão entre ambientes.

Pode-se observar que a conexão/relação entre o ambiente “dormitório” com o ambiente “área de serviços” foi informada como “indesejável”, conforme o critério de numeração do Quadro 15. Um ambiente denominado “circulação” poderá configura-se como um compartimento (ou câmara) da habitação, com a função de distribuir o fluxo de pessoas entre outros ambientes conectados a este ambiente, se for necessário no encaminhamento da geração do arranjo físico; este, porém, não consta na listagem dos ambientes, pois sua existência depende da solução do arranjo físico. Portanto, o ambiente “circulação” pode ou não existir, sendo então uma possibilidade no cálculo do arranjo físico considerar esse ambiente.

O elemento de conexão entre dois ambientes é o vão das portas, o qual necessita, inclusive, de um espaço de manobra para a abertura da porta.

Quadro 15 – Exemplo de graus de conexão entre os ambientes.

Entrada social	1								
Sala	5	2							
Dormitório casal	5	2	3						
Dormitório	5	2	4	3					
Cozinha	5	4	2	2	4				
Banheiro	5	4	2	5	1	4			
Área de serviço	5	5	1	5	4	5	2		

Fonte: Autor da dissertação.

Quadro 16 – Lista de graus de adjacência entre ambientes da habitação.

Fonte: Autor da dissertação.

O Quadro 16 apresenta uma classificação possível dos tipos de adjacência entre dois ambientes da habitação. O primeiro item indica que a adjacência é “obrigatória”; o segundo indica que é “desejável”; o terceiro item indica que a adjacência entre dois ambientes, se ocorrer, é “indiferente” para o conjunto da unidade habitacional; o quarto item indica que a adjacência é “indesejável”; e o quinto item indica que a adjacência é “proibida”.

Quadro 17 – Exemplo de graus de adjacência entre os ambientes.

Fonte: Autor da dissertação

A partir desses critérios o sistema apresentará a(s) topologia(s) possível(is) em forma de diagrama de grafos, conforme ilustrado na Figura 33 (AMORIM, 1997, p. 18.4).

Figura 33 – Exemplo de topologia em forma de diagrama de grafos¹⁶⁴

Fonte: Autor da dissertação

As topologias das figuras 33 e 34 poderão ser “calculadas” a partir dos dados declarados nos quadros 15 e 17. É possível também o arquiteto operador definir uma topologia ou editar uma topologia “calculada”.

Figura 34 – Outro exemplo de topologia em forma de diagrama de grafos

Fonte: Autor da dissertação

¹⁶⁴ As linhas cheias indicam que a conexão é desejável, as linhas tracejadas indicam que a conexão é indiferente.

A que se considerar que pode não haver solução geométrica para uma dada solução topológica.

O posicionamento dos ambientes em relação à orientação solar e ventos predominantes se dá a partir das informações do polígono do lote urbano inserias no sistema, os quais estão georreferenciados.

O arquiteto irá escolher um dos tipos apresentados para dar prosseguimento ao cálculo do posicionamento dos objetos volumétricos (OVs).

Para cada ambiente no sistema há uma listagem de mobiliário, esquadrias, eletrodomésticos e/ou peças sanitárias, os quais podem ser obrigatórios ou opcionais. Os itens obrigatórios não poderão ser desmarcados da listagem. Em um ambiente há itens obrigatórios e itens opcionais. Os itens opcionais poderão ou não compor o ambiente, dependendo da escolha do arquiteto. Para exemplificar, são itens obrigatórios no ambiente “banheiro”: o vaso sanitário, o lavatório e o chuveiro; os itens opcionais são: gabinete, espelho, armário, saboneteira, papelheiro, bidê, ducha higiênica, banheira, entre outros. Pode-se notar que apesar do item papelheiro não ter impacto significativo na volumetria do ambiente “banheiro”, o seu posicionamento no ambiente condiciona o seu uso, o qual varia de confortável a inadequado. O posicionamento do papelheiro é determinado por uma distância mínima e máxima do centro do vaso sanitário em projeção no plano horizontal do piso do banheiro até o centro da peça “papelheiro”. Esse critério prioriza o alcance das mãos do usuário até o papelheiro, para exemplificar.

O posicionamento de um elemento arquitetônico é função de outro(s) objeto(s) volumétrico(s) na hierarquia superior a esse, ou seja, o OV “unidade habitacional” é superior hierarquicamente ao OV “ambiente sala”, o qual, por sua vez, é superior hierarquicamente ao OV “mobiliário sofá dois lugares”. Sendo assim, todos os OVs estão referenciados uns com os outros de modo hierárquico. A base de dados conterá um extenso repertório de OV e suas respectivas dimensões. Atributos são as características pertinentes a um determinado EA. Muitos atributos¹⁶⁵ dos OVs são editáveis pelo arquiteto, como por exemplo, as

¹⁶⁵ Segundo Ferreira (1995, p. 72), atributo é a “característica, qualitativa ou quantitativa, que identifica um membro de um conjunto observado”.

dimensões volumétricas de largura, profundidade e altura (ver quadros 23 a 31, do item 7.1.4), dentro de limites estabelecidos no sistema para cada elemento arquitetônico, isto é, as dimensões de uma poltrona podem variar dentro dos limites estabelecidos na criação desse elemento arquitetônico no sistema.

7.1.2 Identificação de variáveis dimensionais de habitação social a partir de APOs funcionais

Na abordagem metodológica em discussão, como visto no Capítulo 2, os resultados de APOs devem ser entendidos como variáveis dinâmicas, uma vez que esses “índices históricos” alteram-se com o transcorrer do tempo. Além do conjunto das informações do Programa de Necessidades pode-se dispor de informações da legislação e normas técnicas, dos manuais de projeto, de APOs, e de conhecimentos empíricos. São insumos imprescindíveis para o arquiteto urbanista propor novos projetos.

Intenciona-se estabelecer critérios a partir do ciclo de realimentação do processo de projeto, como previsto por Ornstein e Roméro (1992, p. 62) na conceituação de APO, para identificar possíveis variáveis de dimensionamento funcional da habitação.

A contribuição do presente estudo é fornecer exemplos de variáveis para se tornarem dados primários colhidos em APOs, voltadas especificamente à alimentação de um sistema especialista computacional no escopo citado (item 2.2). Conseqüentemente, análises sobre apartamentos de conjuntos habitacionais de caráter social estabelecem um referencial dimensional e funcional dos OV's que compõem essa tipologia de edificação.

A partir do estudo de caso, a pesquisa contribuiu para a investigação de eventuais possibilidades de automatizar, por meio de programa computacional, o pré-projeto arquitetônico de conjuntos habitacionais. Baseado no conjunto de informações transcritas para o meio digital, o sistema computacional em discussão teria a habilidade de comparar elementos geométricos representativos de uma unidade habitacional e apresentar, graficamente, pelo menos uma “combinação adequada e suficiente”, dentro de muitas soluções projetuais, segundo parâmetros de comparação definidos no próprio sistema. Uma “combinação ótima” é desejável, porém o julgamento de uma solução a partir de

um problema proposto requer uma visão holística de todo o processo, o que, até o momento, é competência de um agente humano.

O “cálculo” ¹⁶⁶ de uma solução projetual adequada e suficiente contempla o agrupamento conveniente dos ambientes da unidade habitacional, preservando-se as dimensões espaciais recomendadas e testadas, considerando também os fluxos internos, o dimensionamento, o posicionamento e o espaço de uso do mobiliário.

Prováveis indagações a constar em um questionário de APO funcional, voltado à HS, podem variar amplamente, dependendo da complexidade e do detalhamento que se pretenda atingir. Considera-se que a efetividade da questão deve rebater diretamente na medição do dimensionamento funcional dos elementos arquitetônicos e/ou objetos volumétricos que compõem o espaço habitacional, para serem propriamente variáveis objetivas de pré-projeto.

A Quadro 18 apresenta uma sugestão e exemplos de variáveis objetivas a partir de um modelo topológico qualquer. Pode-se notar que a listagem de variáveis pode ser aumentada de acordo com o nível de detalhamento necessário. Cabe destacar que para um suposto dimensionamento automático da unidade habitacional, os OV's constituintes deverão ser declarados no escopo da lista de variáveis.

¹⁶⁶ A organização, comparação, ordenamento e/ou combinação de elementos geométricos tridimensionais é uma faculdade de abstração do ser humano, imaginando realidades ou mesmo manipulando representações espaciais. A utilização da expressão “cálculo” supõe uma eventual possibilidade de um sistema computacional “imitar” raciocínios humanos para resultar em projetos arquitetônicos (KAPP, 2005, p. 796).

Quadro 18 – Exemplo de listagem de variáveis dimensionais existentes em uma unidade habitacional

Variável	Unidade de medida
Área de serviço – Altura do ambiente	metros
Área de serviço – Área	metros quadrados
Área de serviço – Comprimento do ambiente	metros
Área de serviço – Largura do ambiente	metros
Banheiro – Altura do ambiente	metros
Banheiro – Área	metros quadrados
Banheiro – Comprimento do ambiente	metros
Banheiro – Largura do ambiente	metros
Circulação – Altura do ambiente	metros
Circulação – Área	metros quadrados
Circulação – Comprimento do ambiente	metros
Circulação – Largura do ambiente	metros
Cozinha – Altura do ambiente	metros
Cozinha – Área	metros quadrados
Cozinha – Comprimento do ambiente	metros
Cozinha – Largura do ambiente	metros
Dormitório 1 – Altura do ambiente	metros
Dormitório 1 – Área	metros quadrados
Dormitório 1 – Comprimento do ambiente	metros
Dormitório 1 – Largura do ambiente	metros
Dormitório 2 – Altura do ambiente	metros
Dormitório 2 – Área	metros quadrados
Dormitório 2 – Comprimento do ambiente	metros
Dormitório 2 – Largura do ambiente	metros
Passagem (porta) entre sala e cozinha – Altura	metros
Passagem (porta) entre sala e cozinha – Distância até parede transversal 1	metros
Passagem (porta) entre sala e cozinha – Distância até parede transversal 2	metros
Passagem (porta) entre sala e cozinha – Largura	metros
Sala - Abertura (janela) – Altura	metros
Sala - Abertura (janela) – Altura do peitoril	metros
Sala - Abertura (janela) – Área	metros quadrados
Sala - Abertura (janela) – Largura	metros
Sala – Altura do ambiente	metros
Sala – Área	metros quadrados
Sala – Comprimento do ambiente	metros
Sala – Largura do ambiente	metros
Sala – Menor distância entre: Sofá 2 lugares e Rack	metros
Sala – Menor distância entre: Sofá 2 lugares e Sofá 3 lugares	metros
Sala – Menor distância entre: Sofá 3 lugares e Rack	metros
Sala – Rack – Área em projeção no plano horizontal	metros quadrados
Sala – Rack – Espaço de uso – Distância da face até limite de uso	metros
Sala – Rack – Maior altura do móvel	metros
Sala – Rack – Maior Comprimento do móvel	metros
Sala – Rack – Maior Largura do móvel	metros
Sala – Sofá 2 lugares – Área em projeção no plano horizontal	metros quadrados
Sala – Sofá 2 lugares – Espaço de uso – Distância da face até limite de uso	metros
Sala – Sofá 2 lugares – Maior altura do móvel	metros
Sala – Sofá 2 lugares – Maior Comprimento do móvel	metros
Sala – Sofá 2 lugares – Maior Largura do móvel	metros
Sala – Sofá 3 lugares – Área em projeção no plano horizontal	metros quadrados
Sala – Sofá 3 lugares – Espaço de uso – Distância da face até limite de uso	metros
Sala – Sofá 3 lugares – Maior altura do móvel	metros
Sala – Sofá 3 lugares – Maior Comprimento do móvel	metros
Sala – Sofá 3 lugares – Maior Largura do móvel	metros

Fonte: Autor da dissertação

Apresentou-se exemplos de variáveis genéricas correspondentes a OV's existentes em uma habitação. Outras “variáveis pontuais” com rebatimentos dimensionais e/ou funcionais poderiam ser apontadas, como por exemplo: disponibilidade de iluminação natural na pia da cozinha; quantidade de pessoas a sentarem simultaneamente na mesa da cozinha; comprimento máximo da máquina de lavar para possibilitar espaço de uso no ambiente área de serviço, entre outros.

Ainda outra característica dimensional a considerar no sistema é o valor numérico da cubagem dos utensílios domésticos, ou seja, a quantidade em metros cúbicos por habitante ou do grupo familiar como um todo, de objetos apresentados no Quadro 19. Obviamente este número é bastante diverso, porém, pretende-se encontrar valores estimados de cubagem dos utensílios domésticos por morador e grupo familiar, em pesquisas futuras, a partir de critérios sócio-econômico-culturais.

Quadro 19 – Utensílios domésticos sujeitos ao atributo de cubagem.

Utensílio doméstico
Alimentos não refrigerados (armazenados)
Brinquedos
Calçados (armazenados)
Conjunto de talheres
Eletrodomésticos de pequeno porte
Enxovais de banho (armazenados)
Enxovais de cama (armazenados)
Enxovais de mesa (armazenados)
Equipamentos portáteis
Ferramentas
Garrafas
Instrumentos musicais
Livros
Louças
Luminárias
Malas de viagem
Mídias de áudio
Mídias de dados
Objetos decorativos
Peças de cozer
Peças de vestuário (armazenados)
Produtos de higiene
Produtos de limpeza

Fonte: Autor da dissertação.

A definição de variáveis dimensionais funcionais a partir da APO, legislações e normas permitem estabelecer parâmetros para a manipulação e a composição de OV's digitais.

O Quadro 20 apresenta sugestões de questões o mais possível “aderentes” às variáveis previstas no sistema, visando compor a base de dados cumulativa de APO.

Quadro 20 – Exemplo de questões aplicáveis em uma APO voltada aos aspectos funcionais da habitação.

Temática	Nº	Questão
Dimensões de ambientes	1	A largura do ambiente sala deve ser menor ou maior, ou está suficiente?
	2	Se “menor”, o quanto menor? Se “maior”, o quanto maior? (em centímetros)
	3	O comprimento do ambiente sala deve ser menor ou maior, ou está suficiente?
	4	Se “menor”, o quanto menor? Se “maior”, o quanto maior? (em centímetros)
	5	A altura do ambiente sala deve ser menor ou maior, ou está suficiente?
	6	Se “menor”, o quanto menor? Se “maior”, o quanto maior? (em centímetros)
Dimensões de mobiliário	7	A posição do móvel sofá 2 lugares no ambiente sala
	8	O espaço de uso do móvel sofá 2 lugares deve ser menor ou maior, ou está suficiente?
	9	Se “menor”, o quanto menor? Se “maior”, o quanto maior? (em centímetros)
Acidentes domésticos	10	No lugar onde mora você costuma bater ou tropeçar em algum mobiliário ou elemento arquitetônico?
	11	Você ou alguém que mora com você já sofreu algum acidente doméstico por causa do mobiliário ou algum elemento arquitetônico?
	12	Se sim, qual parte do corpo bate?
	13	E em qual mobiliário ou elemento arquitetônico bate?
	14	Você costuma se esticar ou utilizar escada ou banqueta para pegar objetos mais difíceis de alcançar (aqueles que estão mais altos ou mais distantes)?
	15	Qual cômodo ou ambiente em que isso ocorre?
	16	E em qual móvel?

Fonte: Autor da dissertação

As questões relacionadas a acidentes domésticos são sugestões de indicadores para o dimensionamento funcional das habitações sociais. Com o monitoramento e aferição de unidades habitacionais em uso, pode-se verificar onde ocorrem as maiores incidências de colisões com elementos arquitetônicos e objetos volumétricos, seja a própria edificação (pilares, paredes, piso, escadas) ou mesmo em relação ao mobiliário.

O ajuste de um dimensionamento “ótimo” é resultante do cruzamento de informações de: índices antropométricos médios da população alvo, dimensionamento mínimo previsto em normas e regulamentos legais, satisfação

do usuário aferida em APOs e padrão de dimensões médias do mobiliário consumido por esta população.

No caso de constatado maior causa de colisão em um determinado móvel de um determinado ambiente avaliado, o sistema poderá sugerir um novo posicionamento caso o arranjo gerado no modelo de pré-projeto coincida com os dados existentes na base cumulativa.

Os dados da APO funcional, aplicado junto ao grupo amostral de moradores usuários do conjunto habitacional, são tratados estatisticamente para alimentar o sistema. O mesmo questionário poderá ser respondido por especialistas – no caso, arquitetos – que visitaram os apartamentos do grupo amostral, e suas respostas poderão ter maior peso na ponderação dos dados.

7.1.3 Identificação de variáveis dimensionais de condicionantes legais e normativas da habitação social

O tema habitações multifamiliares para população de baixa renda, subsidiadas pelo Poder Público ou pela iniciativa privada, é complexo e controverso. É louvável o esforço histórico recente de construção de conjuntos habitacionais, disponibilizando muitas unidades habitacionais, sobretudo aqueles desenvolvidos por COHABs, porém, do ponto de vista ergonômico-funcional ainda são encontrados grande número de deficiências em unidades já construídas, seja no que se refere ao projeto arquitetônico, seja na execução da obra.

O enfrentamento da questão específica não incorre somente em proposições de desenhos arquitetônicos, mas nos desdobramentos e nas articulações das condições político-econômicas, já comentadas anteriormente. Não basta o empenho técnico para mudar essa realidade, e sim uma maior priorização dos agentes executores e promotores de habitações sociais relacionados aos aspectos funcionais voltados para a qualidade de vida.

A conhecida forma “H” de implantação de muitas edificações construídas por COHABs possui, entre outros, o problema de implantação quanto à insolação, já que ocorrerão necessariamente fachadas que não receberão radiação solar no período da manhã, o que é recomendado para fins de salubridade da unidade habitacional. Cabe lembrar que isso não está especificado diretamente na legislação, mas a partir de interpretação da mesma. A legislação não proíbe a

implantação em “H”, porém encontramos as expressões “salubridade” como um item a ser observado.

Escolheu-se as legislações e normas incidentes no município de São Paulo devido a extensa investigação, e material colhido, realizados em conjuntos habitacionais no contexto da pesquisa COL.

O Quadro 21 apresenta exemplos de normas legais que podem compor uma base de dados de geometrias, identificadas a partir do texto legislativo e/ou normativo. Não constam de modo exaustivo todas as legislações e normas incidentes no município de São Paulo, sendo apenas exemplos de conteúdo legal que serão passíveis de geometrização no sistema.

Quadro 21 – Exemplo de normas legais incidentes no Município de São Paulo.

	Norma Legal	Incidência
1	Decreto N° 11.106 de 28/06/1974 ¹⁶⁷	Município de São Paulo
2	Decreto N° 12.342 de 27/09/1978 ¹⁶⁸	Estado de São Paulo
3	Decreto N° 31.601 de 26/05/1992 ¹⁶⁹	Município de São Paulo
4	Lei N° 11.228 de 25/06/1992 ¹⁷⁰	Município de São Paulo
5	Lei N° 10.083 de 23/09/1998 ¹⁷¹	Estado de São Paulo
6	Decreto N° 44.667 de 26/04/2004 ¹⁷²	Município de São Paulo
7	Norma Técnica Brasileira NBR 9050 de 2004 ¹⁷³	República Federativa do Brasil
8	Instrução Técnica N° 11/2004 do Corpo de Bombeiros	Estado de São Paulo
9	Norma Técnica Brasileira NBR 15575-1 de 2008 ¹⁷⁴	República Federativa do Brasil

Fonte: Autor da dissertação.

O Código Sanitário do estado de São Paulo indica que o ambiente construído está diretamente ligado à qualidade de vida (Livro II, título I, artigo 11). A prevenção de acidentes, incluindo acidentes domésticos também é contemplada, pois a lei prescreve que toda edificação deve observar a redução dos fatores de estresse psicológico e social (capítulo II, artigo 14, item III).

¹⁶⁷ Dispõem sobre a divisão do Território do Município em zonas de uso e regulam o parcelamento, uso e ocupação do solo, e dá outras providências.

¹⁶⁸ Dispõe sobre normas de promoção, preservação e recuperação da saúde no campo de competência da Secretaria de Estado da Saúde.

¹⁶⁹ Revogado pelo Decreto 44.667 de 26/04/2004.

¹⁷⁰ Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo.

¹⁷¹ Código Sanitário do estado de São Paulo.

¹⁷² Plano Diretor Estratégico, relativas às Zonas Especiais de Interesse Social e aos respectivos Planos de Urbanização, e dispõe sobre normas específicas para a produção de Empreendimentos de Habitação de Interesse Social, Habitação de Interesse Social e Habitação do Mercado Popular.

¹⁷³ Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos.

¹⁷⁴ Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais.

O Decreto 12.342, de 27/09/1978, sobre promoção, preservação e recuperação da saúde emprega a expressão “uso cômodo” das peças de um compartimento sanitário (artigo 36, item IX, alínea g), o que pressupõe uma preocupação e um conhecimento de conceitos ergonômicos no uso do espaço no momento da redação da Lei. Quando se emprega os termos “conformação e dimensões adequadas” (artigo 35), tem-se a idéia da forma e do tamanho dos ambientes a atender as solicitações para um bom uso do espaço construído. As dimensões mínimas dos compartimentos da habitação também são estabelecidas em lei, as quais, em alguns casos, sobrepõem-se em outras leis ou decretos, dependendo da esfera de governo. Nesse caso prevalece o código mais restritivo. As áreas úteis mínimas previstas nesse decreto são: salas, 8,00m²; dormitórios, 8,00m²; cozinhas, 4,00m², banheiros, 2,0m²; largura dos corredores, 0,90m; pé-direito nos ambientes sala e dormitório, 2,70m, nos demais compartimentos, 2,50m. Sobre a iluminação natural o mesmo código prevê abertura de um oitavo da área do piso do compartimento, com um mínimo de 0,60m²; sendo a área de ventilação natural metade da superfície de iluminação natural. O decreto estabelece um máximo de 60,00m² de área para a unidade de habitação social. A fim de obter uma classificação legal da unidade habitacional para usufruir de financiamentos, por exemplo, essa legislação estabeleceu um máximo de 60,00m² (o que difere de 60,00m² de área útil).

O capítulo 9, seção 9.1, do Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo (Lei Nº 11.228 de 25/06/1992) estabelece que o desempenho de materiais construtivos deve atender aos quesitos de estabilidade, segurança e salubridade, portanto o emprego de materiais de má qualidade infringe o previsto em lei, sendo de responsabilidade do profissional a especificação do material. A lei prevê que a edificação deve ser servida por elevador quando ultrapassar mais de 5 pavimentos ou o desnível entre o pavimento do último andar e o pavimento térreo for superior a 12,00m. Também os compartimentos devem estar posicionados na edificação e dimensionados de forma a proporcionar conforto ambiental, térmico, acústico e proteção contra umidade (capítulo 11). O dimensionamento dos ambientes de repouso ou estar (dormitórios e sala) devem respeitar o mínimo de 5,00m², com 2,50m de pé-direito; os ambientes cozinha, área de serviço e banheiro devem ter no mínimo 2,50m², com o pé-direito de no

mínimo 2,30m. O código também prevê no item 11.2.1 a largura mínima de 0,80m para vãos de porta para circulação de pessoas portadoras de deficiências.

O Decreto Nº 11.106 de 28/06/1974 dispõe sobre as zonas de uso e regula o parcelamento, uso e ocupação do solo urbano e prevê 6,00m² por morador de espaços comuns destinados ao lazer; distanciamento de 10,00m entre blocos, sendo que a fachada não deverá ultrapassar 80,00m lineares.

O Decreto Nº 31.601 de 26/05/1992 dispõe sobre critérios urbanísticos para elaboração de HIS e prevê no máximo um banheiro e um estacionamento de veículo por unidade; área total das unidades de no máximo 72,00m², incluindo áreas cobertas de uso privativo; a instalação de elevador está dispensada desde que o desnível máximo a qualquer unidade seja de 11,00m a partir do nível do pavimento de acesso. Essa área de 72,00m² para a unidade habitacional estar classificada legalmente como uma HIS é a soma da área das áreas dos ambientes da unidade, a área ocupada por vedações, a área do estacionamento e a partição das áreas comuns.

O Decreto Nº 44.667 de 26/04/2004 dispõe sobre normas específicas de HIS e prescreve que a população atendida para essa tipologia de edificação deve ter renda familiar de até 6 salários mínimos; área útil de no máximo 50,00m² por unidade; no máximo um banheiro e uma vaga de estacionamento de veículo.

A Instrução Técnica Nº 11/01 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo prescreve 1,20m mínimos de passagem para rotas de fuga; as escadas devem ser dotadas de corrimãos; a altura dos degraus deve compreender valores entre 0,16m e 0,18m obedecendo a fórmula $0,63m < (2h+b) < 0,64m$.

A NBR 9050 (2004) discorre sobre a acessibilidade de portadores de deficiências e indica que o usuário deve ter acessibilidade autônoma às edificações; área mínima de 1,50m por 1,20m para rotação de 180° da cadeira de rodas.

A NBR 15575-1 (2008, p. 26-30) sobre “edifícios habitacionais de até cinco pavimentos” estabelece parâmetros de funcionalidade, acessibilidade e conforto tátil e antropodinâmico. Há dimensões mínimas de mobiliário e circulação a serem atendidas para garantir a organização funcional dos espaços. Além disso, os objetos de uso e/ou contato quanto ao “caminhar, apoiar, limpar, brincar e

semelhantes” na unidade habitacional deverão estar adequados ergonomicamente.

As variáveis normativas são mais restritivas por contarem com a força da legislação, pois não atendendo ao prescrito a obra pode ser embargada.

A Tabela 9 apresenta exemplos de geometrias identificadas a partir de normas legais e quantificadas em unidades de medidas específicas.

Tabela 9 – Exemplos de geometrizações a partir de condicionantes legais

	Identificação da Geometria	Quantidade	Unidade	Ref. Quadro 21
1	Área útil mínima do ambiente dormitório.	8,00	m ²	2
2	Área útil mínima do ambiente sala.	8,00	m ²	2
3	Área útil mínima do ambiente cozinha.	4,00	m ²	2
4	Área útil mínima do ambiente banheiro contendo bacia sanitária, área para banho com chuveiro e lavatório.	2,50	m ²	2
5	Largura mínima de corredores e passagens quando uso comum ou coletivo.	1,20	m	2
6	Largura mínima de corredores e passagens em habitações unifamiliares e unidades autônomas de habitações multifamiliares.	0,90	m	2
7	Pé-direito mínimo do ambiente dormitório.	2,70	m	2
8	Pé-direito mínimo do ambiente sala.	2,70	m	2
9	Pé-direito mínimo do ambiente cozinha.	2,50	m	2
10	Pé-direito mínimo do ambiente banheiro.	2,50	m	2
11	Pé-direito mínimo do ambiente área de serviço.	2,50	m	2
12	Área iluminante mínima do ambiente dormitório.	(1/8 * área do dormitório) ou 0,60	m ²	2
13	Área iluminante mínima do ambiente sala.	(1/8 * área da sala) ou 0,60	m ²	2
14	Área iluminante mínima do ambiente cozinha.	(1/8 * área da cozinha) ou 0,60	m ²	2
15	Área iluminante mínima do ambiente banheiro.	(1/8 * área da cozinha) ou 0,60	m ²	2
16	Área útil do ambiente dormitório caso seja HS e já existindo um dormitório com 8,00m ² .	6,00	m ²	2
17	Área útil do ambiente cozinha caso seja HS.	4,00	m ²	2
18	Área útil do ambiente banheiro caso seja HS.	2,00	m ²	2
19	Área mínima do ambiente dormitório (repouso), possibilitando a inscrição de um círculo de 2,00 de diâmetro no plano do piso.	5,00	m ²	4
20	Área mínima do ambiente sala (estar), possibilitando a inscrição de um círculo de 2,00 de diâmetro no plano do piso.	5,00	m ²	4
21	Largura mínima livre em portas de áreas comuns de circulação ou ingresso à edificação.	0,80	m	4
22	Inclinação máxima de rampa em escoamento vertical da edificação.	10,00	%	4

continua

continuação

	Identificação da Geometria	Quantidade	Unidade	Ref. Quadro 21
23	Distância mínima entre dois blocos de edificação e um mesmo conjunto habitacional.	10,00	m	1
24	Largura mínima de via particular de circulação de pedestres interna ao conjunto habitacional.	4,00	m	1
25	Recuo mínimo obrigatório em relação à via de circulação de pedestres.	3,00	m	1
26	Recuo mínimo obrigatório em relação à via de circulação de veículo.	5,00	m	1
27	Para edificação de HS considerar coeficiente de aproveitamento superior ao valor.	4,00	-	6
28	Área útil máxima de unidade de HS.	50,00	m ²	6
29	Pé-direito mínimo do ambiente banheiro no caso de HS.	2,30	m	6
30	Pé-direito mínimo do ambiente cozinha no caso de HS.	2,30	m	6
31	Pé-direito mínimo do ambiente área de serviço no caso de HS.	2,30	m	6
32	Pé-direito mínimo do ambiente dormitório no caso de HS.	2,40	m	6
33	Pé-direito mínimo do ambiente sala no caso de HS.	2,40	m	6
34	Número máximo de vagas por unidade habitacional.	1	vaga	6
35	O conjunto vertical deverá prever condições de adaptação para uso de população portadora de deficiência física de no mínimo.	3	%	6
36	Pé-direito mínimo de acessos.	2,50	m	8
37	Pé-direito mínimo de acessos considerando obstáculos de vigas, vergas de portas.	2,00	m	8
38	Largura mínima para transposição de uma cadeira de rodas por portas e obstáculos físicos.	0,80	m	7
39	Largura mínima para circulação de uma pessoa e uma cadeira de rodas.	1,20	m	7
40	Largura mínima para circulação de duas cadeiras de rodas.	1,50	m	7
41	Circulação mínima entre o mobiliário e/ou paredes do ambiente dormitório de casal.	0,50	m	9
42	Espaço à frente de sofás e/ou poltronas para sentar, levantar e circular do ambiente sala.	0,50	m	9
43	Circulação mínima frontal dos equipamentos pia, fogão e geladeira do ambiente cozinha.	0,85	m	9
44	Espaço de circulação mínima entre camas do ambiente dormitório de solteiro.	0,60	m	9
45	Espaço de circulação mínima frontal dos equipamentos lavatório, lavatório com bancada, vaso sanitário, vaso sanitário com caixa acoplada, Box quadrado, box retangular e bidê do ambiente banheiros.	0,40	m	9
46	Espaço de circulação mínima frontal dos equipamentos tanque e máquina de lavar roupa do ambiente área de serviço.	0,50	m	9

Fonte: Ver coluna Ref. da Tabela 9.

Os valores numéricos extraídos eventualmente precisam ser interpretados para precisar o mais objetivamente possível a geometria do objeto volumétrico.

A quantidade de unidades habitacionais com acesso facilitado por pessoas com locomoção reduzida atenderá a legislação.

A Tabela 9 não é um inventário das geometrias das normas indicadas na coluna “Ref. Quadro 21”, e sim exemplo de alimentação de base de dados de geometrias a partir de normas legais.

O Quadro 22 apresenta exemplos de restrições a serem consideradas na geração do modelo digital. Após a definição ou escolha, pelo o arquiteto, de um Programa de Necessidades no sistema, este é condicionado pelas restrições legais. Em alguns casos, como por exemplo, o item 4 do Quadro 22, a restrição é aplicada depois da geração da forma das relações dos OV's, por causa da sua abrangência na escala da edificação.

Quadro 22 – Lista de características pontuais da legislação que ocasionam desdobramentos geométricos

	Itens específicos com desdobramentos geométricos	Ref. Quadro 21	Detalhe
1	Para fins de iluminação e ventilação natural, todo compartimento deverá dispor de abertura comunicando-o diretamente com o exterior	2	Capítulo II, Artigo 39
2	Considera-se habitação de interesse social a habitação com o máximo de 60,00m ² , integrando conjuntos habitacionais	2	Capítulo V, Artigo 95
3	Deverão ser servidas por elevadores de passageiros as edificações com mais de cinco andares e/ou que apresentem desnível, entre o pavimento do último andar e o pavimento do andar inferior, superior a 12,00m	4	Capítulo 9, Seção 9.5, Item 9.5.1
4	As edificações [...] que possuírem, junto às divisas, altura superior a 9,00m medidas a partir do perfil original do terreno, ficarão condicionados [...] a afastamento mínimo de 3,00m no trecho em que ocorre tal situação	4	Capítulo 9, Seção 10, Item 10.1.1
5	As habitações [...] deverão conter, no mínimo, espaços destinados a repouso, instalação sanitária e preparo de alimentos	4	Capítulo 16, Seção 16.1

Fonte: Ver coluna Ref. Quadro 6 e coluna Detalhe

Projetar seguindo principalmente os limites da legislação (KENCHIAN, 2005, p. 296) não é necessariamente um quesito para oferecer qualidade espacial, por isso a contrapartida do uso da metodologia de APO para a aferição da satisfação dos usuários em conjuntos habitacionais e incrementar o conhecimento é uma opção para o projetista (CANTERO, 2004, p. 29).

Ao longo da montagem do modelo digital, este é submetido às imposições das restrições, e esse processo pode ser assistido a cada estágio do posicionamento dos diversos OV's que compõem uma cena digital.

7.1.4 Exemplo prático ilustrado

Para ilustrar a idéia da montagem do modelo digital criou-se várias figuras mostrando possíveis visualizações ao longo desse processo. As figuras não pretendem definir “como” serão processadas as informações geométricas no programa computacional, apenas visam indicar “o que” o sistema faz, ou seja, o funcionamento do sistema.

É óbvio que se pretenda a excelência na abordagem de todos os temas das disciplinas e temas pertinentes, porém, por limitações de recursos, prioriza-se alguns aspectos envolvidos na produção do modelo digital. Vários aspectos com desdobramentos geométricos podem ser considerados, como por exemplo, conforto térmico, acústico, lumínico, entre outros, porém, como dito, a prioridade são os aspectos funcionais dos ambientes da unidade habitacional.

A Figura 35 indica um primeiro OV lançado para a visualização do arquiteto operador do sistema, posicionado e dimensionado segundo os seus dois vetores característicos.

Figura 35 – Vetor posição e vetor dimensão
Fonte: Autor da dissertação

O OV porta pode ocorrer mais de um item em um ambiente. Como critério de limitação do alcance do sistema, adota-se no máximo quatro OVs porta em um ambiente, podendo ocorrer em uma mesma parede, se for o caso.

De modo geral, o mobiliário, as peças sanitárias e os eletrodomésticos (OVs) têm um espaço de uso ou espaço de atividades (BOUERI, 2004; LAPETINA, 2007, p. 6). No sistema o espaço de uso é dimensionado a partir de uma das quatro faces verticais do PR e esse dado é editável no sistema pelo arquiteto, ou seja, apesar de vir com um valor pré-determinado, este pode ser alterado. O valor pré-definido é estabelecido na criação do OV no sistema, isto é, na entrada de informações preliminares.

O OV porta apresenta-se como uma exceção, pois se considera o PR dos limites de movimentação do OV porta.

Os padrões dimensionais dos elementos arquitetônicos bem como os dados condicionantes e restritivos de resultados de APOs (informações dinâmicas) e legislações e normas (informações estáveis) são definidos e adicionados *a priori*¹⁷⁵ pelo arquiteto com conhecimentos específicos de Ciência da Computação (na etapa preliminar de configuração do sistema).

Um Paralelepípedo Reto-Retângulo, ou somente Paralelepípedo Retângulo (PR) possui seis faces. Imaginando-se o PR apoiado sobre uma superfície horizontal, pode-se considerar: uma face superior, uma face inferior e quatro faces verticais. No exemplo que segue, as faces verticais foram numeradas de 1 a 4 para facilitar o entendimento. A face 1 está voltada ao plano formado pelos eixos y e z (profundidade e altura). No sistema os OVs são tratados de modo geral como PRs para simplificar o cálculo de posicionamento decorrente das relações espaciais entre os OVs, como dito anteriormente.

¹⁷⁵ Antes da utilização do sistema é necessário cadastrar restrições, OVs e programas de necessidade.

Figura 36 – OV Parede e OV mobiliário cama de casal.
Fonte: Autor da dissertação.

Na Figura 36 (anterior) o PR com traço mais espesso indica o OV cama de casal. As linhas na cor vermelha indicam os vetores posição e dimensão dos OVs parede e cama de casal. A cor cinza indica o espaço de uso projetado no plano horizontal a partir da face 2, 3 e 4 do PR do OV cama de casal. O PR com traço mais fino indica o espaço de uso resultante do OV cama de casal.

Além da cama de casal há outros OVs obrigatórios para compor esse ambiente dormitório: guarda-roupa, porta, janela. A obrigatoriedade de OVs é também uma configuração do sistema, ou seja, pode ser alterada pelo arquiteto. Nesse exemplo da Figura 36 consideram-se outros OVs opcionais para comporem o ambiente dormitório: dois criados-mudo e uma cadeira.

Todos os lançamentos de OVs no cenário virtual são visualizados pelo arquiteto, seqüencialmente, podendo imobilizar a visualização a qualquer instante. Ou seja, a cada lançamento de OV no cenário virtual é exibido o PR correspondente ao OV. A velocidade de exibição da composição da maquete eletrônica é

determinada pelo arquiteto operador do sistema ou está limitado à capacidade de cálculo do computador.

O sistema lança o OV mobiliário denominado guarda-roupa com dimensões 1,60x0,50x2,40m (ver Figura 35).

Figura 37 – OVs parede, cama de casal e guarda-roupa.
Fonte: Autor da dissertação.

Na cor vermelha indica-se os vetores posição e na cor azul os vetores dimensão (ver Figura 37). O espaço de uso do OV guarda-roupa é o próprio espaço que o guarda-roupa ocupa e mais 0,60m a partir da face 1 (face voltada para o OV cama). Entende-se por espaço de uso a volumetria ocupada pelo OV e os espaços necessários para a interação do ser humano com o objeto.

Enquanto o OV não estiver posicionado no cenário virtual, os valores calculados não são registrados como atributos do OV. O posicionamento espacial é resultado da montagem da maquete eletrônica pelo algoritmo.

Figura 38 – Intersecção de espaços de uso.
Fonte: Autor da dissertação.

Na ordem decrescente em metros quadrados de dimensão em projeção no plano horizontal, o próximo OV a ser lançado é a cadeira¹⁷⁶ (0,45x0,45x0,45m).

Figura 39 – OVs Parede, cama de casal, guarda-roupa e cadeira.
Fonte: Autor da dissertação.

Para melhor compreensão, as faces com indicação numérica “1” estão voltadas para o OV parede. O espaço de uso da cadeira é de 0,75x0,85x1,40m, sendo

¹⁷⁶ O mobiliário cadeira é apresentado de modo simplificado, não considerando o encosto da cadeira.

0,15m de espaço a partir das faces 2 e 4 do OV cadeira, e 0,40m a partir da face 1 (ver Figura 39). Pode-se observar que se nesse instante as outras três paredes restantes envolvessem os OV's e seus respectivos espaços de uso, as áreas indicadas na cor cinza da Figura 40 talvez fossem desperdiçadas. O raciocínio do arquiteto seria então deslocar a cadeira e o guarda-roupa para a direita, aproveitando a oportunidade de otimizar o espaço. No caso da tomada de decisão do algoritmo, ao efetuar a intersecção dos espaços de uso dos OV's, o sistema identifica a possibilidade de diminuir a área em projeção no plano horizontal reconhecendo que o volume interseccionado pode ser maior. Ao atingir um posicionamento de todos os OV's cujo volume de intersecção dos espaços de uso são os maiores possíveis, então o sistema apresenta o resultado no cenário virtual para seguir o próximo passo.

Figura 40 – Ambiente dormitório visto em planta.
Fonte: Autor da dissertação.

A seguir o sistema desloca os OV cadeira e guarda-roupa e lança os dois criados-mudo, um de cada vez. O penúltimo OV a ser lançado nesse ambiente é a porta (nesse exemplo), indicada na cor verde da Figura 41.

Figura 41 – OV porta com o respectivo espaço de uso¹⁷⁷.

Fonte: Autor da dissertação.

O último OV a ser lançado, no caso desse exemplo, é a janela (ver Figura 42). Por sua vez, o ambiente dormitório também pode ser representado pelos dois vetores: posição e dimensão.

Mesmo um item não apresentando propriamente a forma de um volume de paralelepípedo reto-retângulo (ver Figura 42), considera-se para todos os objetos volumétricos uma caixa imaginária que envolve os mesmos. Essa generalização de modelo tridimensional tem por objetivo minimizar o esforço computacional nos cálculos.

¹⁷⁷ A trajetória da linha vermelha indica o sentido de abertura do OV porta, porém o espaço de uso do OV porta está indicado na Figura 42.

Figura 42 – Exemplo de espaço utilizado para o uso da porta.
Fonte: Autor da dissertação.

Figura 43 – OV janela com o seu respectivo espaço de uso (PR cor vermelha).
Fonte: Autor da dissertação;

Se o PR (no caso, as outras paredes) do ambiente dormitório estivesse lançado (como indicado na Figura 44), somente a face onde a cama está encostada e a face que contém a porta encontrariam-se desobstruídas (ver Figura 43). Haveria espaço para um OV janela ao lado do OV porta, porém o sistema pode privilegiar faces livres. Então o melhor posicionamento para o OV janela nesse caso é a face oposta ao OV porta.

Figura 44 – Ambiente “dormitório” com vetores posição e dimensão.

Fonte: Autor da dissertação.

Os OV's contidos no ambiente dormitório estão hierarquicamente subordinados a esse ambiente no sistema, ou seja, há uma relação denominada de “subordinação”. Quando o sistema for ajustar o posicionamento do ambiente dormitório, todos os OV's subordinados desse ambiente também serão reposicionados. Ao reposicionar, eventualmente, será necessária uma recomposição dos OV's, ou seja, um novo cálculo de posicionamento.

A convergência para se encontrar uma solução ótima projetual não é garantida sem a intervenção do arquiteto em tomadas de decisão, com nível de abstração de complexidade arquitetônica não formalizável no sistema, ao longo da montagem da maquete eletrônica. Sem o acompanhamento do arquiteto todo o cálculo de posição e, sobretudo, para o reposicionamento de qualquer OV ou conjuntos de OV's pode apresentar-se, com grande probabilidade, em não solucionável na lógica seguida pelo sistema de configuração do arranjo espacial. Diante dessa situação será necessário voltar o lançamento dos OV's, ou ambientes, ou unidades habitacionais, ou edificações, até um momento da montagem do modelo digital em que existam alternativas de composição dentro das regras estáveis (códigos legais) e dinâmicas (APO) do sistema.

A unidade habitacional como um todo também terá um vetor posição e um vetor dimensão, e será hierarquicamente superior a todos os ambientes da unidade, os quais contêm os seus respectivos OV's subordinados.

As unidades habitacionais, por sua vez, estão subordinadas ao pavimento tipo. O pavimento tipo também terá um vetor posição e um vetor dimensão.

O conjunto dos pavimentos tipo formará então a edificação habitacional propriamente dita. A edificação habitacional será representada também por um vetor posição e um vetor dimensão.

Cabe destacar que as formas finais reais dos OV's, sejam dos ambientes, das unidades habitacionais, dos pavimentos tipo e finalmente da edificação, muito provavelmente não serão paralelepípedos reto-retângulos, mas, apesar disso, o sistema adota essa condição para minimizar os cálculos das relações volumétricas. As formas finais poderão convergir para uma representação de bordo, como apresentado anteriormente.

Um lote urbano poderá comportar mais de uma edificação habitacional. Com o volume de uma edificação gerado, o sistema o posicionará no lote urbano de modo que os ambientes "dormitório" estejam voltados para o Norte geográfico, ou suas variantes dos pontos cardeais. Esse critério atende à recomendação de salubridade, já que os dormitórios receberão a radiação solar matinal benéfica para higienização.

O posicionamento das edificações seguirá a legislação e as normas, como por exemplo, um distanciamento de 10,00m entre as mesmas e um distanciamento de 3,00m do limite do lote urbano. Em um primeiro cálculo de posicionamento os edifícios são lançados sem levar em consideração as curvas de nível do terreno. Depois de locados, o sistema cruzará as informações dos volumes das edificações com as curvas de nível, procurando o melhor posicionamento. O melhor posicionamento das edificações é calculado também se considerando alcançar a maior quantidade de unidades habitacionais no lote analisado, contrabalançado com contenções de terra de movimentações do terreno que viabilizem economicamente a construção do conjunto habitacional.

Um OV, ou um ambiente, ou uma unidade habitacional, ou um pavimento tipo, ou a própria edificação podem ser detalhados em mais de um PRR a ponto de melhor representar a sua forma geométrica.

A seguir são apresentados quadros que estabelecem critérios mínimos a serem considerados na montagem do sistema.

O Quadro 23 apresenta um exemplo de ambientes e equipamentos que poderão ser escolhidos e/ou declarados no Programa de Necessidades do modelo digital.

Quadro 23 – Lista de ambientes da habitação com os respectivos equipamentos.

Ambiente	Exemplos de elementos arquitetônicos contidos
Sala	Poltrona, sofá, estante, mesa para alimentação, cadeira, televisão, aparelho de som
Dormitório	Cama de casal, cama de solteiro, guarda-roupa, criado-mudo, cadeira, mesa de estudo, computador
Cozinha	Fogão, pia, mesa, fruteira, cadeira, micro-ondas, geladeira
Banheiro	Chuveiro, vaso sanitário e lavatório
Área de serviço	Tanque, máquina de lavar, varal
Lavabo	Vaso sanitário e lavatório
Closet	Guarda-roupa
Despensa	Prateleiras, armários para armazenamento de alimentos e objetos domésticos, freezer

Fonte: Autor da dissertação.

O Quadro 24 indica a caracterização do tipo de ambiente da habitação.

Quadro 24 – Lista de atributos de um ambiente da habitação.

Atributo do ambiente da habitação	Descrição
Ambiente	sala, dormitório, cozinha, banheiro, área de serviço
Tipologia de circulação	perimetral, central
Conexão 1	Ambiente conectado
Grau da conexão 1	Ver Quadro 14
Conexão 2	Ambiente conectado
Grau da conexão 2	Ver Quadro 14
Conexão 3	Ambiente conectado
Grau da conexão 3	Ver Quadro 14
Conexão 4	Ambiente conectado
Grau da conexão 4	Ver Quadro 14
OVs contidos	Lista dos OV's contidos nesse ambiente (mobiliário, peça sanitária ou eletrodoméstico)

Fonte: Autor da dissertação.

A partir de uma listagem de mobiliário (ver Quadro 25) o arquiteto operador poderá selecionar itens a compor um ambiente.

Quadro 25 – Exemplo de lista de mobiliário.

Mobiliário
Sofá
Poltrona
Mesa
Cama
Armário
Guarda-roupa
Criado-mudo
Cadeira
Estante
Lixeira
Espelho
Prateleira
Escrivaninha
Cesto de roupa

Fonte: Autor da dissertação.

O Quadro 26 indica a caracterização do tipo de mobiliário da habitação.

Quadro 26 – Lista de atributos do mobiliário.

Atributos do mobiliário	Descrição
Denominação do Mobiliário	Ver quadro 25
Ambiente	Nome do ambiente que o OV está contido
Importância	Escala definida pelo arquiteto (numérica)
Frequência de uso	Escala definida pelo arquiteto (numérica)

Fonte: Autor da dissertação.

Da mesma maneira, o arquiteto também poderá escolher a(s) peça(s) sanitária(s) de um ambiente (ver Quadro 27).

Quadro 27 – Lista de peças sanitárias de uma habitação.

Denominação da peça sanitária
Pia
Torneira
Lavatório
Vaso sanitário
Lavatório com gabinete
Bidê
Ducha higiênica
Tanque
Saboneteira
Papeleiro
Banheira

Fonte: Autor da dissertação.

O Quadro 28 indica a caracterização do tipo de peça sanitária da habitação.

Quadro 28 – Lista de atributos de peças sanitárias.

Atributo da peça sanitária	Descrição do atributo da peça sanitária
Peça sanitária	Ver Quadro 27
Material	cerâmica, metal, granito, mármore, plástico
Ambiente	Ambiente onde se localiza a peça sanitária

Fonte: Autor da dissertação.

O Quadro 29 indica a caracterização do tipo de eletrodoméstico da habitação.

Quadro 29 – Lista de eletrodomésticos.

Denominação do eletrodoméstico
Geladeira
Máquina de lavar
Televisão
Computador
Micro-ondas
Liquidificador
Batedeira
Fogão
Freezer
Aparelho de som
Telefone fixo
Ar condicionado

Fonte: Autor da dissertação.

Dependendo da frequência de uso e do tamanho do eletrodoméstico, este pode estar guardado em armários, como por exemplo, um liquidificador. Neste caso tem-se um OV dentro de outro OV. O Quadro 30 mostra exemplos de atributos de OV do tipo eletrodoméstico.

Quadro 30 – Lista de atributos de eletrodomésticos.

Atributo do eletrodoméstico	Descrição do atributo do eletrodoméstico
Eletrodoméstico	Ver quadro 29
Utilidade	Lavar roupa, cozer alimentos
Ambiente	Ambiente onde está localizado o eletrodoméstico

Fonte: Autor da dissertação.

Os quadros indicam possibilidades de detalhamento dos dados no sistema, como por exemplo, as variações do OV mobiliário mesa (ver Quadro 31).

Quadro 31 – Lista de tipos do mobiliário mesa.

Tipo de mesa
Mesa de jantar para 2 pessoas
Mesa de jantar para 4 pessoas
Mesa de jantar para 6 pessoas
Mesa de estudo
Mesa de centro
Mesa de apoio

Fonte: Autor da dissertação.

Como dito anteriormente, a complexidade de um problema arquitetônico pode não ser reproduzível no limites da modelagem de um sistema. O sentido do termo modelo, como o significado indica, é uma redução do real, na tentativa de viabilizar uma lógica de tratativas dos objetos arquitetônicos.

Estabelecido minimamente o que um sistema *CAADD* poderia fazer, destaca-se a possibilidade de criação de algoritmos específicos para atuarem sobre o modelo digital que estariam submetidos às restrições impostas pelo sistema.

Extrapolando o alcance da metodologia ora apresentada, apontam-se desdobramentos possíveis para a manipulação do modelo digital, como por exemplo, o desenvolvimento de algoritmos de análises específicas, buscando-se segmentar e fracionar – quando possível – a complexidade envolvida nas análises do pré-projeto da edificação. Por exemplo, denominam-se algoritmos de análise da edificação digital: algoritmo de análise de circunvizinhança, o qual poderia considerar as volumetrias existentes nas áreas adjacentes ao lote urbano em questão para traçar sombras das edificações existentes na vizinhança; algoritmo de análise de manutenção, para verificação das dificuldades eventualmente existentes no pré-projeto gerado no acesso e alcance das atividades de manutenção e limpeza; algoritmo de análise de acessibilidade de pessoas com deficiência; algoritmo de análise térmica; algoritmo de análise acústica, entre outros. No contexto da abordagem de conforto ambiental poderia até mesmo, com um nível de aprimoramento maior, submeter o modelo digital a um algoritmo de análise ergonômica.

A implementação do programa computacional – “como o sistema faz” – não é escopo desta pesquisa de mestrado. A implementação física do sistema, isto é, o modelo operacional dos dados contendo a codificação do sistema em alguma linguagem computacional e a definição formal da estrutura do banco de dados são desdobramentos futuros desta dissertação, cujo foco central, conforme pode-se constatar, é o desenvolvimento de um roteiro de um programa computacional *CAADD* de geração de pré-projeto, a ser alimentado com recomendações de APOs, o qual, se transformado em operacional, poderá auxiliar o arquiteto a tomar decisões que incorporem as efetivas necessidades da habitação social em etapas iniciais de processo de produção arquitetônica.

7.1.5 Objetos Volumétricos a partir de informações alfanuméricas

As “regras” são operações que o projetista abstrai no momento da concepção dos ambientes e suas interconexões. No caso do programa *CAADD*, dado um lote, a orientação solar (obtido a partir do polígono do lote georreferenciado), o gabarito que se pretende, o sistema compõe os ambientes de cada unidade habitacional considerando o mobiliário introduzido como repertório na base de dados e eleito para fazer parte do Programa de Necessidades. Para o “cálculo” da disposição e forma de cada ambiente, os objetos volumétricos (paredes,

mobiliário, esquadrias, espaços de uso de atividades) são reduzidos a vetores. As restrições contribuem para “moldar” a solução de pré-projeto.

Sendo o pressuposto encontrar uma área útil mínima que atenda os padrões de habitabilidade, as recomendações provenientes de APOs de conjuntos habitacionais e considerando a legislação vigente, o sistema combinará e arranjará o mobiliário, as portas, as janelas e a alvenaria/estrutura envoltória. Essas recomendações são traduzidas em procedimentos para o programa computacional de geração do modelo tridimensional.

São elementos simbólicos com um padrão definido (codificação *X3D*) que se transformam em outros elementos simbólicos com outro padrão definido (representação volumétrica digital). Tem-se, portanto, a possibilidade de “escrever” textos e números que podem ser “lidos” por um navegador de *Internet* para apresentar visualizações volumétricas que estavam codificadas. Um programa computacional poderá “ler” essas informações alfanuméricas de uma base de dados, processar e “escrever” outras informações alfanuméricas na base de dados. Nesse caso pode-se dizer que ocorreu uma “manipulação volumétrica” no “código” que gera o elemento volumétrico.

Como existem inúmeros critérios de encaminhamento da solução espacial, os principais temas condicionantes da geometria poderiam ser ponderados para aumentar a possibilidade de intervenção e de escolha pelo arquiteto operador do sistema.

Testando um maior número de combinações de possibilidades de arranjos físico-espaciais, inclusive no meio virtual, tem-se a oportunidade de aumentar a qualidade do projeto arquitetônico.

A seguir, é apresentada, em termos gerais, uma possível metodologia a ser aplicada no desenvolvimento do programa computacional a partir dos processos descritos.

Inicialmente o sistema solicita informações do projetista operador do programa computacional, como, por exemplo: o número de ambientes do apartamento; a média de moradores por unidade; a topologia a ser utilizada; a localização geográfica do lote urbano do projeto.

De posse dessas informações o sistema pode iniciar a composição dos elementos geométricos a partir de algum ponto da topologia escolhida, existente na base de dados, ou uma topologia criada para o modelo digital.

As possibilidades de configurações de desenhos espaciais podem ser visualizadas e manipuladas na tela do computador. A interação com o sistema pode ser feita por aproximações sucessivas, fornecendo, interativamente, mais informações para a modelagem geométrica do pré-projeto. Para uma primeira aproximação do pré-projeto é necessário introduzir algumas informações básicas no sistema: o programa arquitetônico (Programa de Necessidades), as restrições geométricas de APOs funcionais e as restrições geométricas de legislações e normas.

Entende-se que a geração de formas por aproximações sucessivas está diretamente relacionada à escala de manipulação de elementos geométricos. Se a escala é da unidade habitacional então as formas terão PR de mobiliário, por exemplo. Se a escala é da edificação, então as formas terão PR de unidades habitacionais, e assim por diante.

A partir das informações fornecidas, o conjunto de opções de projeto se restringe consideravelmente e o sistema inicia o processo de montagem dos ambientes e da distribuição dos apartamentos seguindo as diretrizes do Programa de Necessidades estabelecidas no próprio sistema, as quais podem ser continuamente realimentadas e/ou editadas.

As diretrizes são regras de composição geométricas traduzidas para o meio computacional. Nesse momento o sistema já poderia apresentar uma primeira aproximação do desenho de pré-projeto, a qual é manipulável pelo operador por meio do ponteiro do *mouse* e intervenções pelo teclado. Uma vez “desenhadas” as unidades (apartamentos), estas poderiam ser deslocadas dentro do lote para visualização de outros resultados, e a cada alteração de posicionamento o sistema geraria uma nova configuração espacial do complexo habitacional, e os ambientes seriam dimensionados novamente devido à alteração introduzida no cenário.

O sistema apresenta uma visualização da forma tridimensional – a qual, segundo Celani (2003) é definida matematicamente –, em que se denomina, nesse

contexto, por pré-projeto arquitetônico, “calculado” por meio de uma representação gráfica digital a partir dos dados de entrada e as regras que se encontram naquele momento no sistema. A interação com o modelo é um quesito para possibilitar a manipulação dos elementos geométricos.

A abordagem tridimensional do método investigado implica em desdobramentos complexos nas variáveis de referência na parametrização das geometrias. Considerando uma abordagem bidimensional, ter-se-ia uma organização de polígonos seguindo regras de composição, com variáveis de largura e comprimento, por exemplo. Na abordagem tridimensional tem-se a organização de elementos volumétricos, acrescentando a variável altura. Ao considerar a terceira dimensão, a quantidade de combinações tende a aumentar, pois um elemento volumétrico pode sobrepor outro, caso sejam projetados no plano horizontal, sem contudo, terem qualquer intersecção espacial.

Definida uma origem para o sistema cartesiano de três dimensões (abstração matemática do espaço), os volumes paralelepipedais, convertidos em vetores, tratados como OV's podem ser reduzidos a apenas dois vetores. A qualquer tempo o vetor pode ser convertido em elemento paralelepipedal e vice-versa. A codificação em vetores permite tanto a manipulação pelo computador como também apresentar uma visualização volumétrica de estudos preliminares do projeto (pré-projeto), codificação esta que permite a leitura mais “amigável”¹⁷⁸ do arquiteto operador do sistema.

Quando se visualizar no monitor a volumetria dos ambientes e/ou uma unidade habitacional (um apartamento), o sistema possibilitaria “puxar”, “esticar” ou diminuir os ambientes ou conjunto de ambientes até os limites estabelecidos pelas restrições impostas pelas regras geométricas formuladas e inseridas no sistema.

No cenário da atual tecnologia é possível disponibilizar bibliotecas virtuais eletrônicas com objetos volumétricos, os quais podem ser representativos de elementos arquitetônicos que compõem uma edificação. A manipulação dos

¹⁷⁸ O termo amigável é utilizado no contexto de informática para indicar interfaces de comunicação homem-máquina que sejam mais inteligíveis e com melhor usabilidade.

objetos volumétricos em meio digital assemelhar-se-ia a um “jogo de montar”, possibilitando diversos estudos e simulações.

Sob essas condições pode-se propor “manuais digitais” de projeto, baseados em sistemas computacionais, com blocos de elementos bidimensionais ou tridimensionais. Programas computacionais do tipo *CAD* (ver capítulo 6) são um primeiro estágio para otimização do processo de projeto, porém seu potencial pode ser largamente explorado, transpondo a utilização do computador somente como uma “prancheta eletrônica” com mencionado por Giacaglia (2005, p. 64).

As geometrias pré-definidas em bases de dados em meio digital de OV's formariam “manuais eletrônicos” de projeto, para disponibilizar a manipulação digital. Além disso, segundo Kolarevic (2005, p. 195), outras possibilidades de geração automática da forma têm provocado debates e investigações no meio acadêmico.

Não se pretende apontar qualquer solução político-social-econômica para a questão habitacional, e sim contribuir com investigações e encaminhamentos de uma eventual ferramenta computacional de auxílio ao pré-projeto de conjuntos habitacionais.

Uma ferramenta computacional de geração de pré-projeto de habitação social vem ao encontro da “*customização em massa*”¹⁷⁹ citada por Tillmann e Formoso (2008), em que “a promessa de produzir bens diferenciados a um custo relativamente baixo, possa finalmente atender a diversidade das necessidades habitacionais com eficiência, viabilizando a *customização* das habitações” (TILLMANN e FORMOSO, 2008). Essa maior “flexibilidade planejada” no arranjo físico refere-se à unidade habitacional e confirma uma tendência do mercado em considerar a opinião do cliente no oferecimento do produto habitação. A ferramenta computacional em estudo prevê a *customização* em uma mesma

¹⁷⁹ O termo “*customização em massa*” (CM) foi cunhado em 1987, por Stan Davis, que se referia a essa estratégia quando um grande número de consumidores (como nos mercados em massa) recebe um tratamento individual semelhante ao existente no mercado de produtos personalizados da economia pré-industrial (DAVIS, 1987 *apud* TILLMANN e FORMOSO, 2008). E também “*customização*” tem o sentido de adaptar os produtos e processos ao gosto do cliente, portanto é o atendimento que visa a satisfação do freguês; a origem da palavra está no inglês *customer*, que significa cliente (<http://kplus.cosmo.com.br/materia.asp?co=148&rv=Gramatica> consultado em 19/12/2008).

prumada de unidades da edificação verticalizada, ou seja, diferentes arranjos físicos nas unidades de um mesmo pavimento.

Instituições que lidam com o tema da habitação social poderão ser potenciais usuárias do sistema computacional. Cabe citar instituições como: a COHAB (Companhia Metropolitana de Habitação), a CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo) e a CEF (Caixa Econômica Federal).

Alterando-se o enfoque de parâmetros e critérios funcionais de projeto arquitetônico, pode-se estender a utilização da ferramenta computacional a outras tipologias habitacionais.

Um cenário para a realimentação de um sistema computacional de geração de pré-projeto de unidades e conjuntos habitacionais utilizando a metodologia da APO é direcionar as questões de satisfação feitas aos moradores e a aferição da funcionalidade dos ambientes elaborado pelos especialistas no sentido de fornecer, quando possível, resultados dimensionais para revertê-los em variáveis geométricas.

Montada a base teórica de como seria o tratamento de volumes paralelepipedais e/ou vetores no espaço cartesiano em um sistema computacional, discute-se a sua proposição e sua aplicabilidade.

Conforme exposto por Fabrício (2007, p. 31), verifica-se no atual estágio de produção de edificações uma divisão do trabalho decorrente do aumento da complexidade do projeto, o que demanda uma abordagem mais multidisciplinar e participativa.

No Quadro 32 apresentam-se, em ordem alfabética, exemplos de disciplinas envolvidas no processo de produção de edificações.

Quadro 32 – Sugestão de disciplinas consideradas no sistema computacional.

Disciplina
Administração
Arquitetura e Urbanismo
Engenharia Civil
Engenharia de Produção
Engenharia de <i>Software</i>
Engenharia Elétrica

Fonte: Autor da dissertação.

No Quadro 33 apresenta-se uma sugestão de temas (em ordem alfabética), vinculados às diferentes disciplinas, que podem ser critérios ponderáveis em relação à prioridade a qual o operador do sistema computacional queira estabelecer.

Quadro 33 – Sugestão de temas ponderáveis no sistema computacional.

Tema	Disciplina(s)
Condicionamento de ar	Engenharia Civil
Dimensionamento funcional do arranjo físico	Arquitetura e Urbanismo
Economia da construção: materiais	Administração, Arquitetura e Urbanismo Engenharia Civil e Engenharia de Produção;
Economia de uso: ergonomia	Arquitetura e Urbanismo
Economia de uso: manutenção	Arquitetura e Urbanismo; Engenharia de Produção
Estética formal externa da edificação	Arquitetura e Urbanismo
Estética formal interna da unidade habitacional	Arquitetura e Urbanismo
Estrutura	Engenharia Civil
Fundação	Engenharia Civil
Instalação elétrica	Engenharia Elétrica; Engenharia Civil somente instalações de baixa tensão ¹⁸⁰
Instalação hidráulica: água	Engenharia Civil
Instalação hidráulica: esgoto	Engenharia Civil
Instalação hidráulica: gás	Engenharia Civil
Instalação mecânica: elevadores	Engenharia Civil
Minimização de acidentes domésticos	Arquitetura e Urbanismo
Projeto de arquitetura da edificação	Arquitetura e Urbanismo
Rede de dados	Engenharia Civil
Rede de telecomunicação	Engenharia Civil
Sistema construtivo	Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil

Fonte: Baseado em YAZIGI, 2000

A padronização de representação de elementos volumétricos a partir de informações alfanuméricas da tecnologia *X3D* possibilita a continuidade espacial do modelo digital ao longo das etapas de produção do projeto arquitetônico.

¹⁸⁰ Decisão CR-0237/86, <http://normativos.confex.org.br>

7.2 Resultados

Os volumes abstraídos em meio digital e que formam um modelo da edificação em maquete eletrônica são tratados genericamente no sistema como OV's.

Segundo Giacaglia (2005, p. 62) um modelo único de representação digital da edificação permite um detalhamento gradual ao longo das diversas fases do projeto arquitetônico, evitando a inconsistência de dados.

A presente abordagem de tratamento da informação arquitetônica no meio digital pressupõe uma relação de interdependência espaço-funcional de todos os elementos arquitetônicos materializáveis nesse contexto. Considera-se objeto volumétrico (OV) tudo aquilo que pode ter uma representação volumétrica. O sistema contempla as principais volumetrias que poderiam ser associadas ao espaço do lote urbano, desde a escala do edifício até a escala de objetos de manuseio humano.

7.2.1 Modelagem da informação

Por se tratar de uma proposta de representação de informações em um programa computacional eletrônico deve-se compreender e definir o domínio de alcance do sistema. Halpin e Morgan (2008, p. 6) chamam de "Universo do Discurso" (*UoD, Universe of Discourse*), no qual se estabelece os elementos selecionadas do mundo real com possibilidades de representação. Esse processo é denominado modelagem da informação.

Pretende-se apresentar uma abordagem da complexidade do sistema de modo a compreender o seu domínio. Há diferentes metodologias para representação de domínio de um sistema, entre as quais destaca-se a Linguagem de Modelagem Unificada (*UML, Unified Modeling Language*) e a Modelagem por Função do Objeto¹⁸¹ (*ORM, Object-Role Modeling*).

A Figura 45 mostra um Diagrama de Implementação utilizando a metodologia *UML*.

¹⁸¹ Tradução do autor da dissertação.

Basicamente o sistema é formado por três agrupamentos de funções: a aplicação propriamente dita, que é o programa computacional *CAADD*; a base de dados e o a apresentação do modelo digital baseado na tecnologia *X3D*.

Figura 45 – Diagrama de implantação¹⁸²

Fonte: Autor da dissertação

Os OV's sugeridos a seguir procuram abranger os principais itens que encerram volumes dimensionáveis na escala da habitação até as peças estruturais e de vedação que compõem uma edificação verticalizada (ver Quadro 34).

Quadro 34 – Lista de objetos volumétricos de interesse para o arranjo físico

Denominação do OV	Descrição
Atividade	Fazer ginástica, varrer, entre outros
Eletrodoméstico	Ver Quadro 29
Esquadria	Porta ou janela
Estrutura	Peças estrutural: laje, pilar, viga
Mobiliário	Ver Quadro 25
Peça sanitária	Ver Quadro 27
Vedação	Parede, muro, divisórias

Fonte: Autor da dissertação

Um programa computacional do tipo *CAADD* é um sistema de troca de dados com outros sistemas e/ou agentes. O retorno visual mostrando a disposição dos volumes do modelo digital permite o acompanhamento pelo arquiteto do posicionamento sequencial dos elementos arquitetônicos, seguindo os critérios

¹⁸² A expressão "<<application server>>" indica o domínio do sistema computacional *CAADD*; o termo "<<artefact>>" indica o programa computacional propriamente dito; os termos "<<database>>" e "<<internet>>" indicam o ambiente operacional do sistema utilizando-se de um sistema gerenciador de banco de dados por meio da *Internet*; a expressão "<<client workspace>>" indica o ambiente de interface com o operador e o mantenedor do sistema.

definidos, à medida que o sistema vai “desenhando” os volumes digitais no monitor do computador. A possibilidade de interação a cada operação visível no modelo digital, seja de movimentação da posição do OV, seja de acréscimo ou supressão de OV, possibilita a intervenção direta do arquiteto operador do sistema no resultado.

Na Figura 46 é apresentado um diagrama relacionando e hierarquizando os diferentes níveis de detalhamento dos OVs. Genericamente qualquer objeto classificável nos domínios da Arquitetura e do Urbanismo pode ser considerado como “objeto volumétrico”. São OVs: uma quadra urbana, um conjunto de lotes ou edificações, uma via urbana, um equipamento urbano, uma edificação, uma unidade habitacional, uma peça estrutural da edificação, um mobiliário, uma vegetação arbórea, uma lixeira, entre outros; portanto, são os elementos que compõem a paisagem ou que dão forma ao espaço.

Poderiam também ser classificados como elementos volumétricos: de escala urbana, de escala da edificação, de escala da unidade habitacional, no contexto dessa dissertação. No caso, as volumetrias de relevância para a síntese espacial serão os OVs apresentados no Quadro 34.

Figura 46 – Diagrama *Object-Role Modeling (ORM)* do programa computacional.
Fonte: Autor da dissertação.

Cada elemento arquitetônico é caracterizado por atributos definidos no Quadro 35.

Quadro 35 – Lista de atributos de um OV¹⁸³

Atributo do OV	Descrição	Status
Denominação do objeto volumétrico	Ver Quadro 34	editável ¹⁸⁴
Largura	Largura do paralelepípedo reto-retângulo imaginário que envolve o OV	editável
Profundidade	Profundidade do paralelepípedo reto-retângulo imaginário que envolve o OV	editável
Altura	Altura do paralelepípedo reto-retângulo imaginário que envolve o OV	editável
Relacionamento subordinação superior	Relacionamento com OV de hierarquia superior	editável
Relacionamentos subordinação inferior	Relacionamento com OVs de hierarquia inferior	editável
Material predominante	Concreto, alvenaria, cerâmica, madeira, metal, plástico, vidro, tecido	editável
Espaço de atividade a partir da face vertical 1	Distância no plano horizontal da face vertical 1 do OV até o limite imaginário do espaço de atividade	editável
Espaço de atividade a partir da face vertical 2	Distância no plano horizontal da face vertical 2 do OV até o limite imaginário do espaço de atividade	editável
Espaço de atividade a partir da face vertical 3	Distância no plano horizontal da face vertical 3 do OV até o limite imaginário do espaço de atividade	editável
Espaço de atividade a partir da face vertical 4	Distância no plano horizontal da face vertical 4 do OV até o limite imaginário do espaço de atividade	editável
Valor do eixo x do vetor posição	Distância do ponto de origem (extremidade origem do vetor posição) até o ponto de projeção no eixo x do vetor posição	calculado
Valor do eixo y do vetor posição	Distância do ponto de origem (extremidade origem do vetor posição) até o ponto de projeção no eixo y do vetor posição	calculado
Valor do eixo z do vetor posição	Distância do ponto de origem (extremidade origem do vetor posição) até o ponto de projeção no eixo z do vetor posição	calculado
Valor do eixo x do vetor dimensão	Distância do ponto de extremidade destino do vetor posição até o ponto de projeção no eixo x do vetor dimensão	calculado
Valor do eixo y do vetor dimensão	Distância do ponto de extremidade destino do vetor posição até o ponto de projeção no eixo y do vetor dimensão	calculado
Valor do eixo z do vetor dimensão	Distância do ponto de extremidade destino do vetor posição até o ponto de projeção no eixo z do vetor dimensão	calculado
Quantidade de faces verticais com interface possível	Número de faces que podem <i>interfacear</i> outro elemento arquitetônico (de 1 a 4)	editável
Ponto de referência	Centro da aresta inferior, centro geométrico da face, etc.	editável
Largura máxima	Largura máxima do OV que o arquiteto pode informar ao editar as dimensões	Definida na criação do OV
Profundidade máxima	Profundidade máxima do OV que o arquiteto pode informar ao editar as dimensões	Definida na criação do OV

continua

¹⁸³ A listagem não é exaustiva, ou seja, não esgota a possibilidade de atributos de um OV.

¹⁸⁴ Um atributo ser “editável” indica que o operador do sistema poderá alterar as características do OV dentro de limites estabelecidos no próprio sistema.

continuação

Atributo do OV	Descrição	Status
Altura máxima	Altura máxima do OV que o arquiteto pode informar ao editar as dimensões	Definida na criação do OV
Largura mínima	Largura mínima do OV que o arquiteto pode informar ao editar as dimensões	Definida na criação do OV
Profundidade mínima	Profundidade mínima do OV que o arquiteto pode informar ao editar as dimensões	Definida na criação do OV
Altura mínima	Altura mínima do OV que o arquiteto pode informar ao editar as dimensões	Definida na criação do OV

Fonte: Autor da dissertação.

Os atributos citados no Quadro 35 denominados “relacionamento subordinação superior” e “relacionamentos subordinação inferior” se referem aos vínculos dos OVs em diferentes níveis de hierarquia. Isso possibilita o sistema reconhecer todos os OVs subordinados a um OV que consentiu alguma alteração de posicionamento, por exemplo, e carregar consigo os OVs subordinados.

Segundo Boueri (1999, p. 7) a escala humana é a principal referência dimensional para a construção de espaços habitáveis por seres humanos. É a partir de suas dimensões e proporções (antropometria) que é possível responder aos anseios e necessidades espaciais.

7.2.2 Casos de Uso propostos

Considera-se pelo menos dois perfis para operação e manutenção do sistema. A operação do sistema é feita por um arquiteto e a manutenção de informações do sistema é feita por um arquiteto com conhecimentos específicos de Ciências da Computação. Serão denominados arquiteto operador e arquiteto mantenedor do sistema.

Seguiu-se a formatação de Casos de Uso sugeridos por Cockburn (2005, p. 122 e 123). Os denominados Casos de Uso são formulários, quadros ou tabelas contendo características de uma ação possível e desejável no contexto de um sistema computacional.

Segundo Melo (2004, p. 56) um Caso de Uso “deve descrever uma rotina bem definida do sistema e deve ser totalmente compreensível tanto para a equipe de desenvolvimento quanto para os clientes que detêm o conhecimento do domínio do sistema”.

Na Figura 47 apresenta-se o diagrama de Casos de Uso do sistema.

Figura 47 – Diagrama de Casos de Uso¹⁸⁵

Fonte: Autor da dissertação

¹⁸⁵ Cada elipse indica um Caso de Uso. A indicação de um traço com linha cheia indica. A indicação "<<extend>>" com um traço tracejado indica; a indicação "<<include>>" com um traço tracejado indica (MELO, 2004, p. 50-52).

O Quadro 36 apresenta um primeiro Caso de Uso para abrir, criar ou exibir um modelo digital do sistema *CAADD*.

Quadro 36 – Caso de Uso: Abrir/Criar um modelo digital *CAADD*¹⁸⁶

<p>Objetivo: Abrir/Criar um modelo digital <i>CAADD</i></p> <p>Contexto de Uso: Módulo principal do sistema para carregar um modelo digital.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i>.</p> <p>Nível: Objetivo do usuário.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto operador do sistema.</p> <p>Interessados e Interesses: Colaboradores projetistas.</p> <p>Pré-condição: estar disponível o sistema para ser utilizado.</p> <p>Garantia(s) Mínima(s): a base de dados deve estar com informações cadastradas.</p> <p>Garantia(s) de Sucesso: existir um modelo digital na base de dados (abrir); o usuário ter permissão para criar um modelo digital (criar).</p> <p>Acionador: Clicar com o ponteiro do <i>mouse</i> no <i>menu</i> ou no botão: “Novo” para criar um novo modelo digital, ou “Abrir” para carregar um modelo digital existente.</p> <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none">1. O operador escolhe um modelo digital da base de dados ou cria um novo modelo digital na base de dados;2. O modelo digital é carregado no sistema ou o sistema cria um modelo na base de dados. <p>Extensões (cenários alternativos):</p> <ol style="list-style-type: none">1a. Ocorrer algum erro ou mensagem do sistema operacional impedindo o armazenamento/carregamento do arquivo de dados do modelo digital.
--

Fonte: Autor da dissertação

No domínio do sistema (ver Figura 47), os Casos de Uso pretendem detalhar o quanto possível as funcionalidades previstas do programa computacional.

Os outros Casos de Uso encontram-se nos quadros 37 a 54 do Anexo 6.

¹⁸⁶ O campo “Nível” do formulário de Caso de Uso há três classificações de objetivos: de usuário, resumo e sub-função.

7.2.3 Interface proposta

A seguir é apresentado um exemplo de interface que poderia ser utilizada no programa computacional *CAADD*.

Na Figura 48 os ícones do lado esquerdo possibilitam ativar comandos do sistema.

Figura 48 – Exemplo de interface.

Fonte: Autor da dissertação.

A janela denominada “Hierarquia de OV’s” permite a navegação por entre todos os objetos volumétricos do modelo digital.

O *menu* “Arquivo” (Figura 49) permite retirar informações geradas pelo sistema, ou por meio de arquivo de dados ou imprimindo alguma visualização.

Figura 49 – Exemplo do *menu* “Arquivo”.

Fonte: Autor da dissertação.

O *menu* “Editar” (Figura 50) comandos de manipulação de dados.

Figura 50 – Exemplo do *menu* “Editar”.

Fonte: Autor da dissertação.

A Figura 51 mostra o *menu* “Exibir” com comandos de visualização e apresentação na tela.

Figura 51 – Exemplo *menu* “Exibir”.

Fonte: Autor da dissertação.

A Figura 52 indica onde são feitos os cadastros de informações no sistema, seja na base de dados ou no modelo digital corrente¹⁸⁷.

Figura 52 – Exemplo do *menu* "Gerenciar".

Fonte: Autor da dissertação.

Ao clicar no menu "Elementos Volumétricos" e "Modelo Digital corrente" é exibida a janela "Hierarquia de OVs", como está indicado na Figura 48.

O menu "Gerar" procederá com a geração automática do arranjo físico no modelo digital. Ocorrendo alguma situação classificada como de "alta complexidade" para o programa computacional resolver, aparecerá uma mensagem indicando a espera de intervenção do arquiteto operador do sistema uma tomada de decisão sobre como prosseguir com processamento das informações.

¹⁸⁷ Diz-se corrente ao modelo digital que está carregado na "memória" do programa computacional naquele instante para a manipulação de dados.

8 Considerações finais

8.1 Conclusões

Investigou-se o uso da tecnologia da informação nos processos de pré-projeto arquitetônico voltados à habitação social. A busca pela automação de partes do processo de projeto arquitetônico não é recente; está presente desde o início da computação eletrônica.

Uma ferramenta computacional, com as características descritas ao longo da pesquisa, possibilita a comparação, pelo arquiteto, das formas geradas automaticamente, segundo critérios determinados, oferecendo alternativas de escolha para o projetista avaliar uma melhor solução projetual. De modo geral, a geração automática permite analisar maior quantidade de alternativas em um tempo menor. São simulações de ambientes construídos por meio da modelagem geométrica automática; no caso, a geração de maquete eletrônica de habitação social multifamiliar.

Ao desenvolver um programa computacional *CAADD*, caracterizado pela modelagem geométrica automática, pode-se constatar que a modelagem da informação do sistema apresenta-se complexa e difusa. Faz-se necessário estabelecer métodos para que o modelo seja factível e relevante quando formalizado em um sistema computacional.

O nível de automação do sistema está sujeito à quantidade, à diversidade e à coerência da informação nele introduzida, para possibilitar a inferência do resultado em maquete eletrônica. Portanto, as ações do arquiteto operador e do sistema computacional são complementares e caracterizadas por auxílio mútuo.

Para a modelagem geométrica utiliza-se a Linguagem de Marcação Tridimensional Extensível (*X3D*), a qual pode ser codificada em formato de texto que, quando “lido” e “interpretado” pelo programa computacional, gera, em um dispositivo de saída digital, formas geométricas. O *X3D*, por ser uma tecnologia de representação gráfica digital aberta, possibilita maior flexibilidade de desenvolvimento, implementação e integração de diferentes ferramentas computacionais.

Webware ou programa de computador suportado pela *Internet* é um recente modelo computacional de tecnologia da informação, que possibilita tanto os dados como os programas computacionais serem acessados em alcance local ou remoto, por meio de interligação de redes de sistemas.

O conceito de *webware* vem de encontro à tecnologia *X3D*, os quais permitem imaginar um programa computacional *CAADD* com característica *online* – interligado a redes –, contendo não apenas funcionalidades de desenho bi e tridimensional, mas também funcionalidades de projeto auxiliado por computador, discutidas ao longo da dissertação. Alguns desdobramentos a partir dessa combinação podem ser apontados: acessar e incorporar ao modelo digital objetos geométricos provenientes de diferentes e extensas bibliotecas de informações geometrizadas; compartilhar o modelo digital com todos os envolvidos no processo de projeto e de desenho; o cruzamento de informações geometrizadas possibilita aumentar a precisão das relações espaciais entre os objetos volumétricos.

Nesse sentido, a cadeia produtiva da indústria de artefatos da edificação habitacional dispõe da possibilidade sistemática de realimentação do ciclo de projeto, por meio de uma abordagem incremental e cumulativa de dados.

Além disso, a definição de programas de necessidades arquitetônicos no sistema, e a possibilidade de intervenção e de alteração dessas informações – para ser a diretriz da geração da maquete eletrônica –, possibilita a atuação mais coordenadora do arquiteto, projetista e operador, no(s) resultado(s) final(is).

As diretrizes da etapa de pré-projeto, formalizadas em restrições no sistema, são o conjunto de definições geometrizáveis estabelecidas, em consenso, por arquitetos operadores ou mantenedores, os quais são os técnicos especialistas indicados para exercer essa função; portanto, é o resultado de um processo colaborativo. Além disso, as restrições espaciais impostas no e pelo sistema podem garantir o cumprimento de legislações e normas, e a manutenção periódica de referenciais de APOs funcionais.

Os dados primários obtidos a partir dos resultados da APO, aplicada na pesquisa Comunidades *Online*, apesar de importante referencial da satisfação do usuário

quanto a sua moradia, não atendem diretamente o nível de detalhamento de variáveis dimensionais que se pretende na alimentação do sistema, sendo necessário a elaboração de questionários específicos para conformar-se com as características do programa computacional *CAADD*. Outros resultados de APOs funcionais, elaboradas de modo voltado ao nível de detalhe das variáveis do sistema, possibilitam equalizar relações espaciais dos objetos volumétricos a partir da percepção de uso pelo usuário, e da recomendação de especialistas.

Considerando-se uma visão crítica da proposta, podem-se destacar os seguintes aspectos: (1) a capacidade criativa, equiparável à habilidade humana, necessária para a concepção de projeto arquitetônico, não poderá ser alcançada por sistemas computacionais; (2) a leitura dos próprios croquis e rascunhos proporcionam considerável riqueza de idéias no momento da concepção do projeto; (3) a escolha de métodos de projeto arquitetônico, para viabilizar a concepção e a montagem de um sistema computacional *CAADD*, condiciona as soluções projetuais; (4) a modelagem geométrica matemática é complexa, o que implica em pesquisas nos campos da Matemática e Ciências da Computação, além, obviamente, da participação na montagem metodologia e sua validação por arquitetos, os quais são os destinatários finais do programa computacional; (5) a personalização de habitações sociais pode não interessar a um incorporador, devido a não repetição da forma das edificações, com o argumento de ocasionar maior custo; (6) há situações de projeto não previsíveis – de não rotina – que podem não ser atendidas por um sistema automático.

Há diversos desdobramentos para a pesquisa apresentada. Entende-se que um sistema computacional com as características descritas envolve profissionais de campos, como citado anteriormente.

A investigação dos processos matemáticos é determinante para viabilizar o desenvolvimento do programa computacional.

Existindo uma metodologia de processo de projeto arquitetônico, voltada a habitação social, é possível criar um programa computacional para a geração de pré-projeto, em forma de maquete eletrônica, com possibilidades de interação e intervenção na disposição e nas relações entre objetos volumétricos apresentados em meio digital.

O arquiteto e urbanista é o profissional/pesquisador indicado para liderar as investigações da utilização do computador na prática da arquitetura, não apenas quanto ao desenho, mas também – e, sobretudo – quanto ao projeto arquitetônico.

Bibliografia

Referências

- ABIKO, Alex Kenya; ORNSTEIN, Sheila Walbe (editores). *Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2002. Programa de Tecnologia de Habitação – HABITARE. Vol. I
- ABIKO, Alex. *Introdução à gestão habitacional*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.
- AKIN, Ömer. *Psychology of Architectural Design*. London: Pion, 1986.
- AKIN, Ömer; LIN, Changtah; SEN, Rana. *Heuristic Based Layout Generation*. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, 1995. Disponível em www.andrew.cmu.edu/user/oa04/Papers/HeSearch.pdf, acesso em 01/01/2009.
- ALEXANDER, Christopher. *Notes on the synthesis of form*. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- ALEXANDER, Christopher; ISHIKAWA, Sara; SILVERSTEIN, Murray. *A pattern language*. New York: Oxford University Press, 1977.
- ALMEIDA, Clarissa Ribeiro Pereira. *Entre e através: Complexidade e processos de design em arquitetura*. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Departamento de Arquitetura da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.
- AMORIM, Arivaldo Leão. Linguagem, Informação e Representação do Espaço. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL, 4, 2000, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo. 2000. p. 90-92.
- AMORIM, Luiz. The Sectors' Paradigm: understanding modern functionalism and its effects in configuring domestic space. In: PROCEEDINGS OF THE SPACE SYNTAX INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1, 1997. London. *Proceedings*. London: University College London, 1997. Volume 2. p. 18.1-18.13.
- ARANHA, Maria Lúcia de Arruda; MARTINS, Maria Helena Pires. *Filosofando: introdução à filosofia*. São Paulo: Editora Moderna, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1/2008: *Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Parte 1 - Requisitos gerais*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050/2004: *Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.
- BACHELARD, Gaston. *A poética do espaço*. São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- BARKI, José. Representação Digital e o Projeto de Arquitetura. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL, 4, 2000, Rio de Janeiro. *Anais*.

Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo. 2000. p. 120-122.

- BARROS, Miriam Fernanda Lopes. *Estudo das políticas habitacionais desenvolvidas no Município de São Paulo e o vínculo com os Planos Diretores no Período de 1971 a 1997*. 2002. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- BENRÓS, Deborah; DUARTE, José P.; BRANCO, Fernando. A system for providing customized housing. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAAD Futures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 153-166.
- BENTLEY, P. J.; Wakefield, J. P. 1997. Generic Evolutionary Design. In: *Soft Computing in Engineering Design and Manufacturing*. London: Springer, 1998. p. 289-298.
- BITTENCOURT, Guilherme. *Inteligência Artificial: ferramentas e teorias*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- BIZELLO, Sérgio Adriano; RUSCHEL, Regina Coeli. CAD livre para arquitetura, engenharia e construção. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3, 2007, Porto Alegre. *Anais*. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2007.
- BOAVENTURA, Inês Aparecida Gasparotto; MASIERO, P. C. *Um Ambiente de Desenvolvimento baseado na Abordagem Operacional*. Notas Didáticas do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo: São Carlos, 1990.
- BOLLES, Dennis; FAHRENKROG, Steve. *Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos*. Pennsylvania: Project Manager Institute, 2004.
- BONDUKI, Nabil. *Habitar São Paulo: reflexões sobre a gestão urbana*. São Paulo: Editora Estação Liberdade, 2000.
- BONDUKI, Nabil. *Origens da habitação social no Brasil: Arquitetura Moderna, Lei do Inquilinato e difusão da casa própria*. São Paulo: Estação Liberdade, 2004.
- BOTELHO, Ester Zita Fenley. *População de baixa renda, problema habitacional e participação: um estudo psicossocial*. Dissertação (Mestrado em Psicologia). São Paulo: Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, 1982.
- BOTTON, Alain de. *A arquitetura da felicidade*. Rio de Janeiro: Rocco, 2007.
- BOUERI Filho, José Jorge. *Antropometria aplicada à arquitetura, urbanismo e desenho industrial*. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo: São Paulo, 1999.
- BOUERI Filho, José Jorge. *Antropometria: fator de dimensionamento da habitação*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. 1989.

- BOUERI, José Jorge. *Antropometria aplicada à arquitetura, urbanismo e desenho industrial: manual de estudos*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1999.
- BOUERI, José Jorge; PASCHOARELLI, Luis Carlos. Avaliação do desempenho das atividades domésticas: uma metodologia de análise ergonômica. In: *Cadernos Técnicos AUT N° 7*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2000. p. 71-82.
- BOUERI, José Jorge; RIGHETTO, Adriana Volpon Diogo. Estudo de um modelo para o dimensionamento da habitação. In: *Cadernos Técnicos AUT N° 11*. São Paulo: FAUUSP, 2003. p. 41-54.
- BRAGA, Maria Ângela. *Qualidade da habitação e qualidade do projeto: método de avaliação*. 1998. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- BRASIL. Agenda 21. Rio de Janeiro: Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável, 1992.
- BRASIL. Agenda Habitat para municípios. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal, 2003.
- BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*: promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.
- BRASIL. Decreto N° 99.710 de 21 de novembro de 1990 - Convenção sobre os Direitos da Criança. Brasília, 1989.
- BRUTZMAN, Don; DALY, Leonard. *X3D Extensible 3D Graphics for web authors*. San Francisco: Elsevier, 2007.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. *Manual técnico de engenharia: orientação para apresentação de empreendimentos habitacionais do setor privado*. São Paulo: Caixa Econômica Federal, 2002.
- CAMARGO, Ivan de; BOULOS, Paulo. *Geometria analítica: um tratamento vetorial*. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- CAMBIAGHI, Silvana. *Desenho Universal: métodos e técnicas para arquitetos e urbanistas*. São Paulo: Editora Senac, 2007.
- CANTERO, João Alberto. *A questão da qualidade arquitetônica dimensional e do custo no planejamento habitacional de interesse social: a produção da Cohab/SP na década de 1990*. 2004. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2004.
- CELANI, Gabriela. *CAD criativo: exercícios para desenvolver a criatividade de arquitetos e designers*. São Paulo: Campos, 2003.
- CELANI, Gabriela; GIACAGLIA, Marcelo Eduardo; KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. CAD – O lado criativo: duas experiências educacionais visando mudar a forma como estudantes de arquitetura usam o CAD. In: *Revista Pós 14*. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2005. V. 14, p. 66-78.

CELANI, Gabriela; PUPO, Regiane. Um novo paradigma para o uso da informática na arquitetura. CONGRESSO IBEROAMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL, 10, 2006, Santiago (Chile). Sigradi 2006: *Resumos*. Campinas: Portal Vitruvius, 2007 (http://www.vitruvius.com.br/drops/drops18_07.asp consultado em 31/12/2008).

CHAFFUN, N; Bonduki, Nabil (org.). *Dinâmica Global e Desafio Urbano. Habitat. As práticas bem sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras*. São Paulo: Studio Nobel, 1996.

CHEN, Zi-Ru. How to improve creativity. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAADFutures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 571-583.

CINAR, Unver. Facilities Planning: a systems analysis and space allocations approach. In: *Spatial Synthesis in Computer-Aided Building Design*. London: Applied Science Publishers, 1975.

COCKBURN, Alistair. *Escrevendo Casos de Uso eficazes: um guia prático para desenvolvedores de software*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CÓDIGO de Obras e Edificações do Município de São Paulo, Lei Nº 11.228 de 25 de junho de 1992.

CÓDIGO Sanitário do Estado de São Paulo – Lei Nº 10.083, de 23 de setembro de 1998.

COELHO NETTO, J. Teixeira. *A construção do sentido na arquitetura*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1979.

COELHO, Antonio Baptista. Qualidade Architectônica Residencial: rumos e factores de análise. Informação Técnica Architectura (ITA) número 8. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2000.

COUTINHO, Evaldo. *O espaço da arquitetura*. São Paulo: Perspectiva, 1998.

CRUZ, Antero de Oliveira. *Avaliação Pós-Ocupação dos espaços gerados em habitações autoconstruídas: o caso da favela Nossa Senhora Aparecida em São Miguel Paulista, São Paulo*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1998.

DAL BELO, Selso. *Layout: uma aplicação na arquitetura da habitação*. 2006. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

DATE, C. J. *Introdução a sistemas de banco de dados*. Rio de Janeiro, Campus, 1986.

DATE, C. What not How, *The Business Rules Approach to Application Development*. Massachussets: Addison-Wesley, 2000.

- DOMINGUES, Delmar Galisi. *O Uso de Metáforas na Computação*. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências da Comunicação). São Paulo: Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo.
- DONATH, Dirk; LÖMKER, Thorsten; FRANK, Petzold. New Approaches in Computes Aided Project Planning. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL, 4, 2000, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo. 2000. p. 212-215.
- DONG, Andy; MOERE, Andrew Vande; GERO, John S. (editors). Computer-Aided Architectural Design Futures. In: INTERNATIONAL CAADFUTURES CONFERENCE, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of de 12th International CAADFutures Conference*. Sidney: Springer, 2007.
- DURAND, Jean-Nicolas-Louis. *Précis des leçons d'architecture*. L'école polytechnique: Paris, 1819.
- EASTMAN, Charles M. (editor). *Spatial synthesis in computer-aided building design*. London: Applied Science Publishers, 1975.
- EASTMAN, Charles M. Mini-Space Planner: a set of FORTRAN routines for building space-planning progrms. In: *Spatial Synthesis in Computer-Aided Building Design*. London: Applied Science Publishers, 1975.
- EHRLICH, Pierre Jacques. *Pesquisa Operacional: curso introdutório*. São Paulo: Atlas, 1976. 189 p.
- ELLIS, T. O.; HEAFNER, J. F.; SIBLEY, W. L. *The GRAIL language and operations*. Santa Monica (California): The RAND Corporation, 1969.
- ELLIS, T. O.; HEAFNER, J. F.; SIBLEY, W. L. *The GRAIL project: an experiment in man-machine communications*. Santa Monica (California): The RAND Corporation, 1969.
- EMBLEY, David W. *Object Database Development: concepts and principles*. Massachusetts: Addison-Wesley, 1997.
- ESPINHEIRA NETO, Ruy Alberto de Assis. *Arquitetura digital: a realidade virtual, suas aplicações e possibilidades*. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- FABRÍCIO, Márcio M. O arquiteto e o coordenador de projeto. In: *Pós 22*. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2005. V. 22, p. 26-50.
- FARIN, Gerald E.; HANSFORD, Dianne. *The Essentials of CAGD*. Natick (Massachusetts): AK Peters, 2000.
- FEDERAL FACILITIES COUNCIL. *A State-of-the-Practice Summary of Post-Occupancy Evaluation*. Washington, DC: National Academy Press, 2001.
- FEITOSA, Miguel O. *Cálculo vetorial e geometria analítica: exercícios propostos e resolvidos*. São Paulo: Editora Atlas, 1989.

- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Dicionário Aurélio básico da língua portuguesa*. São Paulo: Editora Nova Fronteira, 1995.
- FIGUEIREDO, Luiz Henrique de; CARVALHO, Paulo Cezar Pinto. *Notas de Geometria Computacional*. Rio de Janeiro: Instituto de Matemática Pura e Aplicada, 2005.
- FLORENZANO, Everton. *Dicionário Ediouro inglês-português*. São Paulo: Ediouro, 2000.
- FLÓRIO, Wilson. *O uso de ferramentas de modelagem vetorial na concepção de uma arquitetura de formas complexas*. 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2005.
- FOLEY, James D.; VAN DAM, Andries. *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing, 1984.
- FOLEY, James; VAN DAM, A.; FEINER, S.; HUGHES, J.; PHILLIPS, R. *Introduction to Computer Graphics*. Redwood: Addison-Wesley, 1996.
- FOLZ, Rosana Rita. *Mobiliário na habitação popular: discussões de alternativas para melhoria da habitabilidade*. São Carlos: Rima, 2003.
- FRANÇA, Joana Ramos. *Análise das interfaces entre o projeto e a obra em empreendimentos do mercado imobiliário*. 2006. Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- FUERTES, Laura; LOPRESTI, Laura; GAVINO, Sergio; RISTEVICH, Alberto; DEFRANCO, Gabriel. Atividade experimental de introducción Del dibujo paramétrico em El proceso de diseño de um objeto. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA EM INGENIERIA Y ARQUITECTURA, 2, 2007. *Actas del Congreso*. Córdoba (Argentina): Universidad Nacional de Córdoba, 2007.
- FURTADO, A. L.; SANTOS, C. S. dos. *Organização de bancos de dados*. Rio de Janeiro: Campus, 1985.
- GALVÃO, Walter José Ferreira. *COPAN/SP: a trajetória de um mega empreendimento, da concepção ao uso: estudo compreensivo do processo com base na Avaliação Pós-Ocupação*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2007.
- GIACAGLIA, Marcelo Eduardo. Continuidade temporal e unidade espacial em modelos digitais: a busca da eficiência do projeto de construções. In: *Revista Pós Nº 17*. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2005. V. 17, p. 62-75.
- GILOI, Wolfgang K. *Interactive Computer Graphics: data structures, algorithms, languages*. New Jersey: Prentice-Hall, 1978.
- GOLLEDGE, Reginald; STIMSON, Robert. *Spatial Behaviour: a geographic perspective*. New York: The Guilford Press, 1997.

- GOMES, Jonas; VELHO, Luiz. *Computação Gráfica: Imagem*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada, 2002.
- GOMES, Jonas; VELHO, Luiz. *Fundamentos da Computação Gráfica*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada, 2008.
- GREGOTTI, Vittorio. *Território da arquitetura*. São Paulo: Perspectiva e Editora da Universidade de São Paulo, 1975.
- GRIMONE, Marcelo José. *Os movimentos e os direitos humanos: a cidade de São Paulo no limiar do século XX*. Dissertação (Mestrado em Direito). São Paulo: Faculdade de Direito da USP, 2006.
- HALPIN, Terry; MORGAN, Tony. *Information Modeling and Relational Databases*. Burlington: Morgan Kaufmann Publishers, 2008.
- HEATH, Tom. *Method in architecture*. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- HERRERO, Francisco Javier Fernández. *Arquitectura artificial o maneirismo por computadora: experimentación con nuevos medios para la realización de proyectos*. Tese (Doutorado em Arquitetura). 2002. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid – Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- HERSHBERGER, Robert B. *Architectural programming and predesign manager*. MacGraw-Hill: Boston, 1999.
- HIRSCHBERG, Urs; FRÜHWIRTH, Martin; ZEDLACHER, Stefan. Puppeteering architecture. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAAD Futures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 223-234.
- HOLZER, Dominik; TENGONO, Yamin. Developing a framework for linking design intelligence from multiple professions in the AEC industry. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAAD Futures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 303-316.
- IEZZI, Gelson; DOLCE, Osvaldo; TEIXEIRA, José Carlos; MACHADO, Nilson José; GOULART, Márcio Cintra; CASTRO, Luiz Roberto da Silveira; MACHADO, Antônio dos Santos. *Matemática: 2ª série, 2º grau*. São Paulo: Atual, 1980.
- IMAI, Cesar. *A utilização dos modelos tridimensionais físicos em projetos de habitação social: o Projeto Casa Fácil*. 2007. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- IMAI, César. *Avaliação Pós-Ocupação (APO) no Projeto Casa Fácil: o caso de Londrina. Paraná*. 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Metodologia do Censo Demográfico 2000*. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão / Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2003. Volume 25 (Série Relatórios Metodológicos).

- JAPIASSU, Hilton. *Introdução às Ciências Humanas*. São Paulo: Letras e Letras, 1994.
- JORDANOVA, Ivanka; TIDAFI, Temy; PAOLI, Giovanni de. Is a digital model worth a thousand pictures?. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. Proceedings of the 12th International CAADFutures Conference. Netherlands: Springer, 2007. p. 85-98.
- KALAY, Yehuda E. *Architectura's New Media: principles, theories and methods of computer-aided design*. Cambridge: The Massachusetts Institute Technology Press, 2004.
- KAPLAN, Wilfred. *Cálculo Avançado*. São Paulo: Edgard Blücher, 1972.
- KAPP, Silke; SANTOS, Ana Paula Baltazar dos. Interface digital para a produção autônoma de moradias. In: PROCEEDINGS OF THE 9TH IBEROAMERICAN CONGRESS OF DIGITAL GRAPHICS, 2005, Lima. *Anais SIGraDi 2005*. Lima (Peru): SIGRADI, 2005. Vol. 2, p. 793-798.
- KENCHIAN, Alexandre. *Estudo de modelos e técnicas para projeto e dimensionamento dos espaços da habitação*. 2005. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- KENNEDY, Michael. The Initial Start: Beginning CAADD (Computer-Aided Architectural Design and Drafting) for the Brand New Student. In: ASSOCIATION FOR COMPUTER AIDED DESIGN IN ARCHITECTURE (ACADIA), 1987. Raleigh (North Carolina). *Proceedings...* Lexington (Kentucky): University of Kentucky, 1987.
- KERCKHOVE, Derrick de. *The Architecture of Intelligence*. Berlin: Birkhäuser, 2001.
- KIANG, Tan Beng; CHUNG, Daniel Hii Jun. Integrating advanced shader technology for realistic architectural virtual reality visualisation. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAADFutures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 431-443.
- KLOFT, Harald. Non-Standard structural design for non-standard architecture. In: *Performance Architecture: beyond instrumentality*. New York: Spon Press, 2005. p. 136-148.
- KOLAREVIC, Branko. Computing the performance. In: *Performance Architecture: beyond instrumentality*. New York: Spon Press, 2005. p. 195-211.
- KOLAREVIC, Branko. Digital Morphogenesis and Computational Architectures. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL, 4, 2000, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo. 2000. p. 98-103.
- KOLAREVIC, Branko; MALKAWI, Ali M (editors). *Performative Architecture: beyond instrumentality*. New York and London: Spon Press, 2005.
- KOPP, Anatole. *Quando o Moderno não era um estilo e sim uma causa*. São Paulo: Livraria Nobel e Editora da Universidade de São Paulo, 1990.

- KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornelie Knatz ; RUSCHEL, Regina C.; PINA, Sílvia A Mikami G. O Uso de CAD na Avaliação e no Suporte Técnico à Auto-Construção. *In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS PRÉ-MOLDADOS E AUTOCONSTRUÇÃO*, 1995, São Paulo. *Anais do NUTAU'95*, 1995. v. 1. p. 221-234.
- KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornelie Knatz. Metodologia e CAD no projeto arquitetônico. *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL – COMPUTAÇÃO: ARQUITETURA E URBANISMO*. *Anais*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1992.
- KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornelie Knatz; MOREIRA, Daniel de Carvalho. O Programa de Necessidades e a importância da APO no processo de projeto. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONTRUÍDO*, 12, 2008, Fortaleza. *Anais*. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008.
- KROLL, Lucien. *An architecture of complexity*. Cambridge, Massachusetts: The Massachusetts Institute of Technology Press, 1987.
- LANCHARRO, Eduardo Alcalde; LOPEZ, Miguel Garcia; FERNANDEZ, Salvador Peñuelas. *Informática Básica*. São Paulo: Makron Books, 1991.
- LAPETINA, Cláudia Maria Lavieri. *Uma contribuição para a Avaliação da Qualidade no Dimensionamento dos Espaços da Habitação*. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo: São Paulo.
- LAWSON, B. CAD na arquitetura: a história até agora. *In: Revista Graf&Tec Nº 6*. São Paulo: Revista Graf&Tec da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. p. 31-59.
- LEITHOLD, Louis. *O Cálculo com Geometria Analítica*. São Paulo: Harbra, 1986. Volume I.
- LEITHOLD, Louis. *O Cálculo com Geometria Analítica*. São Paulo: Harbra, 1990. Volume II.
- LIN, Ming C.; MANOCHA, Dinesh. *Applied Computational Geometry*. Philadelphia: Springer, 1996.
- LOPES, Maria Valéria Affonso. *Ergonomia aplicada à habitação: o caso do usuário enfermo*. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- LUCCA, Rinaldo Tessuti De. *Avaliação de programas CADD no setor de projeto arquitetônico: etapas legais de projeto*. 1999. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- MAGYAR, Peter; TEMKIN, Aron. Developing na Algorithm for Topological Transformation. *In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL*, 4, 2000, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo. 2000. p. 203-205.

- MALKAWI, Ali M. Performance simulation: research and tools. In: *Performance Architecture: beyond instrumentality*. New York: Spon Press, 2005. p. 136-148.
- MANZANO, José Augusto N. G. *Fundamentos em programação Assembly para computadores IBM-PC a partir dos microprocessadores Intel 8086/8088*. São Paulo: Editora Érica, 2004.
- MARQUES FILHO, Ogê; VIEIRA NETO, Hugo. *Processamento digital de imagens*. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.
- MAVER, T. W. Building Appraisal. In: *Computer Applications in Architecture*. Sydney (Australia): Applied Science Publishers, 1977.
- MAVER, Tom W. Software tools for the technical evaluation of design alternatives. In: *Proceedings of CAADFutures'87*. Netherlands: Eindhoven, 1988. p. 47-58.
- MEDJDOUB, Benachir. *Methode de conception fonctionnelle en architecture: une approche CAO basée sur les contraintes: ARCHiPLAN*. Tese (Doutorado em Arquitetura). Paris: Ecole Centrale Paris, 1996.
- MEDJDOUB, Benachir; RICHENS, Paul; BARNARD, Nick. *Generation of variational standard plant room solutions*. Cambridge: Elsevier, 2002.
- MEDJDOUB, Benachir; YANNOU, Bernard. *Dynamic space ordering at a topological level in space planning*. Paris: Elsevier, 2000.
- MEDJDOUB, Benachir; YANNOU, Bernard. *Separating topology and geometry in space planning*. Paris: Elsevier, 2000.
- MEJIA, Ricardo Cuberos; INDRIAGO, José Antonio; LUENGO, Edith Borges. Nuevos Paradigmas em La Informática Aplicada al Diseño Urbano y Arquitectónico. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL, 4, 2000, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo. 2000. p. 90-92.
- MELHADO, Silvio Burrattino. *Gestão, Cooperação e Integração para um Novo Modelo Voltado à Qualidade do Processo de Projeto na Construção de Edifícios*. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- MELO, Ana Cristina. *Desenvolvendo aplicações com UML 2.0: do conceitual à implementação*. Rio de Janeiro: Brasport, 2004.
- MITCHELL, John; WONG, Justin; PLUME, Jim. Design collaboration using IFC. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAADFutures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 317-329.
- MITCHELL, William J. *Computer-Aided Architectural Design*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1977.
- MITCHELL, William J. *The Logic Architecture: design, computation and cognition*. Cambridge (Massachusetts): The Massachusetts Institute of Technology, 1998.

- MOERE, Andrew Vande. Aesthetic data visualization as a resource for educating creative design. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAADFutures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 71-84.
- MONEDERO, Javier. Parametric Design: a review and some experiences. In: eCAADe CONFERENCE, 15, 1997. Vienna (Austria). *Challenges of the Future (Proceedings)*. Vienna (Austria): Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, 1997.
- MORETTI, Ricardo de Sousa. *Normas urbanísticas para habitação de interesse social: recomendações para elaboração*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1997.
- MOUM, Anita; HAUGEN, Tore; KOCH, Christian. Stretching the trousers too far?. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAADFutures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 331-344.
- NEUFERT, Ernst. *Arte de Projetar em Arquitetura*. São Paulo: Gustavo Gili, 1976.
- NORTON, Peter. *Desvendando o IBM-PC: acesso a características avançadas e programação*. Rio de Janeiro: Campus, 1988.
- OLIVEIRA, Antônio Marmo de; SILVA, Agostinho. *Biblioteca da Matemática Moderna*. São Paulo: Editora Irradiação, 1968.
- OLIVEIRA, Juliano Carlos Cecílio Batista. *Construindo com bits: análise do processo de projeto assistido por computador*. 2007. Dissertação (Área de Arquitetura e Urbanismo). São Carlos: Departamento de Arquitetura da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração do Progresso e Desenvolvimento Social. Nova Iorque e Genebra, 1969.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração sobre Assentamentos Humanos de Vancouver. Nova Iorque e Genebra, 1976.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração sobre o Direito ao Desenvolvimento. Nova Iorque e Genebra, 1986.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração Universal dos Direitos Humanos. Organização das Nações Unidas. Nova Iorque e Genebra, 1948.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Pacto Internacional dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais. Organização das Nações Unidas. Nova Iorque e Genebra, 1966.
- ORNSTEIN, Sheila Walbe; BENEVENTE, Varlete; FERREIRA, Marcelo de Paula. Relações espaciais e inclusão digital na habitação social: espaço interno e o uso das novas tecnologias de informação e comunicação. Uma contribuição para o processo de projeto a partir da Avaliação Pós-Ocupação. In: *Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo'2006*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2006.
- ORNSTEIN, Sheila Walbe; BENEVENTE, Varlete; FERREIRA, Marcelo de Paula. Relações espaciais e inclusão digital na habitação social: espaço interno e o

uso das novas tecnologias de informação e comunicação. Uma contribuição para o processo de projeto a partir da Avaliação Pós-Ocupação. *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO NÚCLEO DE PESQUISA EM TECNOLOGIA DA ARQUITETURA E URBANISMO*, 6, 2006. *Anais NUTAU'2006*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2006.

ORNSTEIN, Sheila Walbe; BORELLI NETO, José. Avaliação de desempenho de conjuntos habitacionais da Grande São Paulo – Uma visão dos aspectos construtivo-funcionais dos alunos do 4º ano Turma de 1995. *In: Cadernos Técnicos do AUT*, n.º 2. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1997. pp. 5-35.

ORNSTEIN, Sheila Walbe; BRUNA, Gilda; ROMÉRO, Marcelo. *Ambiente construído e comportamento*. São Paulo: Studio Nobel, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Fundação para a Pesquisa Ambiental, 1995.

ORNSTEIN, Sheila Walbe; ROMÉRO, Marcelo de Andrade (colaborador). *Avaliação Pós-Ocupação do Ambiente Construído*. São Paulo: Studio Nobel e Editora da Universidade de São Paulo, 1992.

ORNSTEIN, Sheila Walbe; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; CRUZ, Antero de Oliveira. Avaliação Pós-Ocupação (APO) Aplicada em Conjunto Habitacional Em São Paulo: Análise Funcional e Ergonométrica dos Ambientes Internos do Apartamentoc como Indicador de Qualidade de Futuros Projetos. *In: IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO*, 1997, Salvador. *Anais*. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 1997. p. 513-518.

ORNSTEIN, Sheila Walbe; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; CRUZ, Antero de Oliveira. Avaliação Pós-Ocupação (APO) Aplicada em Conjunto Habitacional Em São Paulo: Análise Funcional e Ergonométrica dos Ambientes Internos do Apartamentoc como Indicador de Qualidade de Futuros Projetos.. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO*, 4, 1997, Salvador. *IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO. Anais*. Salvador, BA: Universidade Federal da Bahia, 1997. p. 513-518.

ORNSTEIN, Sheila Walbe; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; VIANNA, Nelson Solano; SCHIFFER, Sueli T. Ramos. *Avaliação Pós-Ocupação do Conjunto Habitacional Presidente Castelo Branco: conclusões finais, avaliações comparativas entre tipologias e recomendações*.. São Paulo: Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo, Fundação para a Pesquisa Ambiental e Caixa Econômica Federal, 1992. Volume VI (não publicado).

ORNSTEIN, Sheila Walbe; ROMÉRO, Marcelo. *Avaliação Pós-Ocupação do Ambiente Construído*. São Paulo: Studio Nobel e Editora da Universidade de São Paulo, 1992.

PANERO, Julius & ZELNIK, Martin. *Las dimensiones humanas em los espacios interiores: estándares antropométricos*. México: Gustavo Gili, 1984.

PEDRO, João Branco. *Definição e avaliação da qualidade arquitetônica habitacional*. Lisboa: Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, 2000.

- PEDRO, João Branco. *Programa habitacional: edifício*. Informação Técnica Arquitectura (ITA) número 6. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2001.
- PEDRO, João Branco. *Programa habitacional: espaços e compartimentos*. Informação Técnica Arquitectura (ITA) número 4. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1999.
- PEDRO, João Branco. *Programa habitacional: habitação*. Informação Técnica Arquitectura (ITA) número 5. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1999.
- PENG, Wei; GERO, John S. Computer-Aided Design tools that adapt. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAADFutures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 417-430.
- PENTTILÄ, Hannu. Early architectural design and BIM. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAADFutures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 291-302.
- PEREIRA, Silvio do Lago. *Estruturas de dados fundamentais: conceitos e aplicações*. São Paulo: Érica, 1996.
- PÉREZ-GOMÉZ, Alberto. *La génesis y superación del funcionalismo en arquitectura*. México: Editorial Limusa, 1980.
- PESSIS-PASTERNAK, Guitta. *Do caos à inteligência artificial: quando os cientistas se interrogam*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1991.
- PESSOA, João Paulo; MANIERO, Laura. *Moradia e direitos humanos*. São Paulo: Centro de Direitos Humanos, 2005.
- PFEFFERKORN, Charles E. The Design Problem Solver: a system for designing equipment or furniture layouts. In: *Spatial Synthesis in Computer-Aided Building Design*. London: Applied Science Publishers, 1975.
- PISARELLO, Gerardo. *Vivienda para todos: um derecho en (de)construcción*. Barcelona: Icaria Editorial, 2003.
- POMPILHO, S. *Análise essencial: guia prático de análise de sistemas*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2002.
- PORTAS, Nuno. *Funções e exigências de áreas da habitação*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1969.
- PRADO, Allan K. J. A. *O ato criador do arquiteto mediado por computador: um estudo sobre o uso de ferramentas computacionais na face conceitual do projeto arquitetônico*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2005.
- PRATINI, Edison. Dos esboços no papel para o esboçar no espaço: a concepção de um Sistema Gestual para Modelagem 3D. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL, 4, 2000, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de

Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo. 2000. p. 261-264.

PRATINI, Edson. *Uma interface para esboços 3D em arquitetura*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1999.

PRATSCHKE, Anja. Architecture as a verb: cybernetics and design processes for the social divide. *Kybernetes: the international journal of systems & cybernetics*. Inglaterra, v. 36, n. 9-10, p. 1458-1470, 2007.

PROJECT MANAGER INSTITUTE. *A Guide to The Project management Body of Knowledge*. Project Management Institute: Pennsylvania, 2004.

RAHIM, Ali. Performativity: beyond efficiency and optimization in architecture. In: *Performance Architecture: beyond instrumentality*. New York: Spon Press, 2005. p. 179-192.

REZENDE, Eliane Quelho Frota; QUEIROZ, Maria Lúcia Bontorim de. *Geometria euclidiana plana e construções geométricas*. Campinas: Editora da Universidade Estadual de Campinas, 2000.

RIBEIRO, Clarissa ; PRATSCHKE, Anja. Transdisciplinaridade e complexidade na arquitetura. In: CONGRESSO MUNDIAL DE TRANSDISCIPLINARIDADE, 2, 2005, Vitória-ES. *Anais do II Congresso Mundial de Transdisciplinaridade*. São Carlos: Departamento de Arquitetura da Escola de Engenharia de São Carlos, 2005.

RIFRANO, Luiz. *Avaliação de projetos habitacionais: determinando a funcionalidade da moradia social*. São Paulo: Ensino Profissional, 2006.

RIGHETTO, Adriana Volpon Diogo. *Do desenho ao modelo: a apresentação do projeto arquitetônico*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2005.

RIO, Vicente del. *Projeto de arquitetura: entre criatividade e método*. In: *Arquitetura: pesquisa e projeto*. São Paulo: ProEditores, 1998.

ROMANO, Elisabetta. A casa 2001: o desafio na virada do milênio. In: SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO SOBRE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS INDUSTRIALIZADAS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 3, 1993, São Paulo. *Anais*. São Paulo. 1993. v.1 p. 197-210.

ROMANO, Elisabetta. *O arquiteto e o computador: a computação gráfica como instrumento de projeto*. 1986. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; ORNSTEIN, Sheila Walbe (coordenadores/editores). *Avaliação Pós-Ocupação: Métodos e Técnicas aplicados à Habitação de Interesse Social*. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2003. Coleção Habitare. CD-ROM.

ROSENMAN, Michael A.; PREEMA, Nicholas. Plastic surgery in the evolutionary design of spatial form. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN

- FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAADFutures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 139-152.
- RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. *Inteligência Artificial*. São Paulo: Editora Campos, 2004.
- SAITO, Keiko E.; COMBES, Leonardo. Posicionamento de Objetos em El Espacio: un Caso de Aplicación Concreta. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL, 4, 2000, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo. 2000. p. 209-211.
- SALVETTI, Dirceu Douglas. *Elementos de Cálculo Numérico*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1973.
- SANTAELLA, Lúcia. *O que é Semiótica*. São Paulo: Brasiliense, 1990.
- SANT'ANNA, Daniele Ornaghi. A paisagem sensorial nas cidades brasileiras contemporâneas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO NÚCLEO DE PESQUISA EM TECNOLOGIA DA ARQUITETURA E URBANISMO, 5, 2004. *Anais NUTAU'2004*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2004
- SANT'ANNA, Daniele Ornaghi. *Clima, Percepção e Arquitetura*. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- SANTOS, Leitão Lúcia. *Os movimentos desejantes da cidade: uma investigação sobre processos inconscientes na arquitetura da cidade*. Recife: Fundação de Cultura Cidade do Recife, 1998.
- SÃO PAULO. Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo, Lei Nº 11.228 de 25 de junho de 1992.
- SÃO PAULO. Decreto Nº 11.106, de 28 de junho de 1974. Dá nova redação aos artigos 57, 58 e 59 do Decreto nº 11.106, de 28 de junho de 1974 e altera o Quadro nº 7, anexo ao referido decreto - Zoneamento
- SÃO PAULO. Decreto Nº 12.342, de 27 de setembro de 1978. Aprova o Regulamento a que se refere o artigo 22 do Decreto-Lei n.º 211, de 30 de março de 1970, que dispõe sobre normas de promoção, preservação e recuperação da saúde no campo de competência da Secretaria de Estado da Saúde
- SÃO PAULO. Decreto Nº 31.601, de 26 de maio de 1992. Regulamentação de implantação de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social em glebas ou lotes.
- SÃO PAULO. Decreto Nº 44.667, de 26 de abril de 2004. dispõe sobre Zonas Especiais de Interesse Social e seus respectivos Planos de Urbanização, produção de Empreendimentos de Habitação de Interesse Social, Habitação de Interesse Social e Habitação do Mercado Popular.
- SÃO PAULO. Instrução Técnica Nº 11/01 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, de 22 de abril de 2002.

- SÃO PAULO. Lei N° 10.083, de 23 de setembro de 1998. Código Sanitário do Estado de São Paulo.
- SCUSSEL, Maria Conceição Barletta; SATTler, Miguel Aloysio. Da escala da cidade à escala da vizinhança: uma proposta para avaliar a qualidade do espaço residencial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12, Fortaleza, 2008. *Anais*. Fortaleza: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008.
- SEELY, Jennifer C. K. *Digital fabrication in the architectural design process*. 2004. Thesis (Master of Science in Architecture Studies). Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- SERRA, Geraldo G. *Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: guia prático para o trabalho de pesquisadores em pós-graduação*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo e Mandarim, 2006.
- SETZER, Valdemar W.; SILVA, Flávio Soares Corrêa da. *Banco de dados: aprenda o que são, melhore seu conhecimento, construa os seus*. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- SHAFIE, Hatem El. Computer application in architecture: form generation tools. In: ARCHCAIRO INTERNATIONAL CONFERENCE, 2, 2005, Cairo. *Proceedings*. Cairo: Department of Architecture, Faculty of Engineering, Cairo University.
- SHEA, Kristina. Directed randomness. In: *Digital Tectonics*. London: Wiley-Academy, 2004. p. 89-101.
- SILBERSCHATZ, Abraham; KORTH, Henry; SUDARSHAN, S. *Sistema de banco de dados*. São Paulo: Pearson Makron Books, 1999.
- SILVA, Elvan. *Geometria funcional dos espaços da habitação: contribuição ao estudo da problemática da habitação de interesse social*. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1982.
- SILVA, Maria Angelica Covelo; SOUZA, Roberto de. *Gestão do processo de projeto de edificações*. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.
- SLOMIANSKY, Adriana Paula. *Cidade Tiradentes: a abordagem do poder público na construção da cidade. Conjuntos Habitacionais de Interesse Social da Cohab (1965-1999)*. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2002.
- SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL. 4, 2000, Rio de Janeiro. *Construindo (n) o espaço digital: Anais do IV Seminário Ibero-Americano de Gráfica Digital*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro – Programa de Pós Graduação em Urbanismo, 2000.
- SOUZA, Bruno Carvalho Castro. *Criatividade: uma arquitetura cognitiva*. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- STALLINGS, William. *Arquitetura e organização de computadores*. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- STAVRIC, Milena; SCHIMEK, Heimo; WILTSCHE, Albert. Didactical integration of analog and digital tools into architectural education. In: COMPUTER-AIDED

- ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAAD Futures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 61-70.
- STOUFFS, Rudi; KRISHNAMURTI, Ramesh. Alternative Computational Design Representations. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL, 4, 2000, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo. 2000. p. 200-202.
- TEIXEIRA, Paulo Sérgio. Espaço e arquitetura: entre o analógico e o digital. 2004. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2004.
- TILLMANN, Patrícia André; FORMOSO, Carlos Torres. Táticas de customização em massa para a produção habitacional brasileira: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12, Fortaleza, 2008. *Anais...* Fortaleza: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008.
- TRAMONTANO, Marcelo. Comunidades_online – domesticidade e sociabilidade em políticas públicas para inclusão digital. *Relatório I*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2004.
- TRAMONTANO, Marcelo. Comunidades_online – domesticidade e sociabilidade em políticas públicas para inclusão digital. *Relatório II*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2006.
- TRAMONTANO, Marcelo. Comunidades_online – domesticidade e sociabilidade em políticas públicas para inclusão digital. Relatório conclusivo: São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2007.
- TUNÇER, Bige; STOUFFS, Rudi. A Representational Framework for Architectural Analysis. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL, 4, 2000, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo. 2000. p. 206-208.
- U.S. ARMY ENGINEER RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER. *Computer-Aided Design and Drafting (CADD) and Geographic Information System (GIS): Concepts and Terminology*. Vicksburg (Mississippi): Information Technology Laboratory, 1999.
- UN-HABITAT. *The challenge of slums: global report on human settlements*, 2003. London: Earthscan Publications, 2003.
- VEJA. Tecnologia. São Paulo: Editora Abril, nº 2022, agosto de 2007. Suplemento
- VEJA. Tecnologia. São Paulo: Editora Abril, nº 2078, setembro de 2008. Suplemento
- VELEZ, Oscar Gregorio. *Modelos para La ingeniería de sistemas*. Buenos Aires: Prolan, 1972.
- VELHO, Luiz; GOMES, Jonas. *Sistemas Gráficos 3D*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada, 2001.

- VIEIRA, Maurício Monteiro. *Oferta de habitação de interesse social na área central de São Paulo: contribuições para o aprimoramento dos processos a partir da Avaliação Pós-Ocupação*. 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- VINCENT, Charles de Castro. *Processos de Projeto e Computação Gráfica: uma abordagem didática*. 2002. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- VOORDT, Theo J. M. Van der. *Building adaptable housing: from theory to practice*. Architecture & Behaviour, v. 6, n.1, p. 17-38, 1990.
- VOORDT, Theo J. M. Vander; WEGEN, Herman B. R. Van. *Architecture In Use. An Introduction to the programming, design and evaluation of buildings*. Oxford, UK: Elsevier, 2005.
- VRIES, Mark de; WAGTER, Harry. A CAAD model for use in early design phases. In: *The Electronic Design Studio: architectural knowledge and media in the computer era*. London: The Massachusetts Institute Technology Press, 1990.
- WANG, Xiangyu. Mutually augmented virtual environments for architectural design and collaboration. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 12th, 2007, Sidney. *Proceedings of the 12th International CAADFutures Conference*. Netherlands: Springer, 2007. p. 17-29.
- WEINZAPFEL, Guy; HANDEL, Steven. IMAGE: Computer Assistant for Architectural Design. In: *Spatial Synthesis in Computer-Aided Building Design*. London: Applied Science Publishers, 1975.
- WEISZFLOG, Walter (ed.). *Michaelis Moderno Dicionário da Língua Portuguesa*. São Paulo: Melhoramentos, 2007 (Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php>, Acesso em: 25/01/2007).
- WHALLEY, Andrew. Product and process: performance-based architecture. In: *Performance Architecture: beyond instrumentality*. New York: Spon Press, 2005. p. 23-40.
- WILHEIM, Jorge; DEAK, Csaba. *Maximização da qualidade de vida em conjuntos habitacionais: relação com custos, densidade e outros fatores pertinentes*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1970.
- YAZIGI, Walid. *A técnica de edificar*. São Paulo: Pini e Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo, 2000.
- ZHANG, Emily Ye. *Functional Decomposition in architecture*. Tese (Doutorado em Arquitetura). 2005. Pittsburgh: School of Architecture Carnegie Mellon University.
- ZINGALES, Mario. *A organização da criatividade*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária e Editora da Universidade de São Paulo, 1978.
- ZREIK, Khaldoun. What could Artificial Intelligence know about the knowledge involved in the design process?.. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL

DESIGN FUTURES, 9th, 2001, Paris. *Proceedings of the 9th International CAADFutures Conference*. Paris: Springer, 2001. p. 395-410.

ZUFFO, Marcelo Knörich. *A Convergência da Realidade Virtual e Internet Avançada em Novos Paradigmas de TV Digital Interativa*. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Eletrônicos). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Bibliografia consultada

BERTALANFFY, Ludwig Von. *Teoria Geral dos Sistemas*. Petrópolis: Editora Vozes, 1975.

BOUERI, José Jorge; PASCHOARELLI, Luis Carlos. Avaliação do desempenho das atividades domésticas: uma metodologia de análise ergonômica. In: *Cadernos Técnicos AUT N° 7*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2000. p. 71-82.

CHING, Francis D. K. *Arquitetura, forma, espaço e ordem*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

CÍRICO, Alberto. *Por dentro do espaço habitável: uma avaliação ergonômica de apartamentos e seus reflexos nos usuários*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

ESTUDO de novas ferramentas de Avaliação Pós-Ocupação: dispositivo móvel computacional com acesso à Internet. Produção de Marcelo de Paula Ferreira, com filmagens e apoio técnico do VideoFAU da FAUUSP. São Paulo. 2007. DVD (13m56s), son., color. Port.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. Transferência de inovação tecnológica na autoconstrução de moradias. In: *Inovação, gestão da qualidade e produtividade e disseminação do conhecimento na construção habitacional. Programa de Tecnologia de Habitação HABITARE Volume 2*. Porto Alegre: Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e Caixa Econômica Federal (CEF), 2003.

GIACAGLIA, Marcelo Eduardo. Modelagem de dados para planejamento e gestão operacional de transportes. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

LOPES, Maria Valéria Affonso. *Ergonomia aplicada à habitação: o caso do usuário enfermo*. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo: São Paulo.

MARTINS, Daniel das Neves. *Metodologia para determinar e avaliar a qualidade e o custo da solução geométrica do projeto arquitetônico de apartamentos*. Tese de Doutorado. Orientador: Prof. Dr. Roberto de Oliveira. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 1999.

MASCARÓ, Juan Luiz. *O custo das decisões arquitetônicas no projeto de hospitais*. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Assistência e Saúde, 1995.

- MEDVEDOVSKI, Nirce Saffer. A APO e o desenvolvimento de indicadores para a qualidade do ambiente construído. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12, Fortaleza, 2008. *Anais...* Fortaleza: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008.
- MILA, Ariosto. *A técnica de construção no problema da habitação*. 1967. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- MORETTI, Ricardo de Sousa. *Normas urbanísticas para habitação de interesse social: recomendações para elaboração*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1997.
- NEGROPONTE, Nicholas (editor). *Reflections on computer aids to design and architecture*. New York: Petrocelle/Charter, 1975.
- NEVES, Denise Lemes Fernandes. *PostgreSQL: conceitos e aplicações*. São Paulo: Érica, 2002.
- PEREIRA NETO, Álvaro. *PostgreSQL: técnicas avançadas: versões open source: soluções para desenvolvedores e administradores de bancos de dados*. São Paulo: Érica, 2003.
- PRESSMAN, Roger S. *Engenharia de software*. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- SAMPAIO, Maria Ruth & LEMOS, Carlos A. C. *Casas proletárias em São Paulo*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1993.
- SAMPAIO, Maria Ruth & LEMOS, Carlos A. C. *Habitação popular paulistana autoconstruída*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1993.
- ZEVI, Bruno. *Saber ver a arquitetura*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

Sítios

- CREDÍDIO, Fernando. Consciência cidadã. Disponível em: <http://www.pautasocial.com.br/artigo.asp?idArtigo=10>, Acesso em: 23/02/2008.
- CUMULATIVE INDEX OF COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN. Disponível em: <<http://cumin cad.scix.net>>. Acesso em 20/12/2008
- FARIN, Gerald. Disponível em: <www.farin hansford.com/gerald>. Acesso em 02/01/2009.
- NOMADS. <http://www.nomads.usp.br>
- PEKTAS, Sule Tash. *Knowledge representation for architectural systems*. Disponível em: <<http://www.bilkent.edu.tr/artweb/htdocs/iaed/cb/Tasli.html>>. Acesso em: 23/05/2008.
- SILVA, Elvan. Uma pauta para a investigação teórica no domínio do projeto arquitetônico. Portal Vitruvius, 2004.

(http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq045/arq045_03.asp consultado em 12/01/2008)

SILVA, Elvan. *Uma pauta para a investigação teórica no domínio do projeto arquitetônico*. Portal Vitruvius, 2004. (http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq045/arq045_03.asp consultado em 12/01/2008).

<http://cumincaad.scix.net>

<http://dmg.caup.washington.edu>

<http://sigradi.uchilefau.cl>

<http://www.acadia.org>

<http://www.ascaad.org>

<http://www.caadfutures.org>

<http://www.caadfutures.org>

<http://www.caadria.org>

<http://www.ecaade.org>

<http://www.lsi.usp.br/~Isoares/x3d/faq.html>

Glossário

Devido à abrangência e à interdisciplinaridade do tema, considerou-se conveniente contextualizar os principais termos ou expressões, com o objetivo de informar e tornar mais preciso o entendimento dos conceitos.

1. **algoritmo de busca com retrocesso ou algoritmo de *backtracking***: caracteriza-se por executar um refinamento exaustivo de busca, em que múltiplas soluções podem ser eliminadas sem serem explicitamente examinadas¹⁸⁸.

2. **algoritmo de busca ou enumeração**: caracteriza-se por rastrear uma estrutura de dados para extrair informações de acordo com um critério. É comum utilizar o conceito de grafo para atuar como estrutura de dados.

3. **algoritmo de divisão e conquista**: caracteriza-se por reduzir o problema em sub-problemas, geralmente de forma recursiva, até atingir uma menor complexidade e possa ser resolvido.

4. **algoritmo de manipulação geométrica**: é um programa de computador, construído utilizando linguagem de programação, e que é capaz de efetuar cálculos de geometria analítica abstraindo o paradigma da tridimensionalidade.

5. **algoritmo de processamento paralelo**: caracteriza-se por ser executado em várias unidades computacionais, simultaneamente.

6. **algoritmo de processamento serial**: caracteriza-se por ser executado instrução a instrução, seqüencialmente.

7. **algoritmo de programação dinâmica**: caracteriza-se por reutilizar cálculos já realizados.

8. **algoritmo de programação linear**: caracteriza-se por minimizar ou maximizar valores a partir de restrições formalizadas em um sistema de equações lineares.

9. **algoritmo de redução ou algoritmo de transformação e conquista**: caracteriza-se por transformar um problema com o objetivo de solucioná-lo.

10. **algoritmo de resposta aproximada ou algoritmo de aproximação**: caracteriza-se por encontrar rapidamente uma solução não necessariamente ótima do problema

11. **algoritmo determinístico ou de resposta exata**: caracteriza-se por apresentar resultados exatos do problema

12. **algoritmo genético**: caracteriza-se por tentar encontrar uma solução ao problema por meio de ciclos de mutações evolucionárias entre gerações de passos, tendendo para uma solução ótima do problema (não garante a qualidade da resposta).

13. **algoritmo heurístico**: caracteriza-se por encontrar uma solução aproximada para o problema.

14. **algoritmo lógico**: caracteriza-se por ter dedução lógica controlada.

¹⁸⁸ As definições ds tipos e classificações de algoritmos foram extraídos de PEREIRA, 1996.

15. **algoritmo não determinístico:** caracteriza-se por encontrar uma solução deduzindo os melhores passos a serem executados por meio de estimativas heurísticas.
16. **algoritmo probabilístico:** caracteriza-se por realizar escolhas probabilísticas na tentativa de solucionar o problema.
17. **algoritmo recursivo ou iterativo:** caracteriza-se por invocar a si mesmo repetidamente, até que certa condição seja satisfeita e encerra-se.
18. **algoritmo:** processo de cálculo, ou de resolução de um grupo de problemas semelhantes, em que se estipulam, com generalidade e sem restrições, regras formais para a obtenção do resultado, ou da solução do problema (FERREIRA, 1995, p. 30).
19. **ambiente:** espaço interior ou exterior que compreende uma determinada função do programa de necessidades (CORONA e LEMOS, 1972 apud FOLZ, 2003, p. 3)
20. **análise [do modelo digital]:** extrair informações de um modelo digital para efetuar análises sobre o mesmo (SHAFIE, 2005).
21. **área de manobra:** espaço necessário para movimentação, sem impedimentos de obstáculos, de uma pessoa, ou uma pessoa em conjunto com um equipamento, ou um veículo.
22. **área útil:** área disponível de um ambiente construído (área total de um ambiente construído subtraindo a área em projeção no plano horizontal da estrutura da edificação e das vedações).
23. **arquitetura de edificações:** organização e estabelecimento de relações de elementos volumétricos de modo a constituir objeto com características dimensionais (GREGOTTI, 1975, p. 50-59).
24. **arquitetura de sistemas eletrônicos ou arquitetura de computadores:** atributos de um sistema que são visíveis para um operador ou atributos que têm impacto direto sobre a execução lógica de um programa computacional (STALLINGS, 2002, p. 5).
25. **automação:** sistema automático pelo qual os mecanismos controlam seu próprio funcionamento, quase sem a interferência do homem.
26. **avaliação [do modelo digital]:** ou apreciação: processo de testes e de avaliação de soluções mediante critérios de custos e desempenho de acordo com o objetivo do projeto (SHAFIE, 2005).
27. **Avaliação Pós-Ocupação funcional:** aferição dos níveis de satisfação dos aspectos de funcionais do espaço arquitetônico da habitação pelos usuários (ROMÉRO e ORNSTEIN, 2002, p. 284; RIFRANO, 2006, p. 13).
28. **Caso de Uso:** sequência de ações que representam um cenário principal, e cenários alternativos, com o objetivo de demonstrar o comportamento de um sistema ou parte dele, por meio de interações com atores (MELO, 2004, p. 54).
29. **cubagem:** quantidade de unidades cúbicas que se podem conter em um certo espaço (FERREIRA, 1995, p. 190).
30. **espaço de uso ou espaço de atividades:** é a área necessária para se realizar uma atividade, ou o espaço necessário para se utilizar um mobiliário, ou

uma peça sanitária ou um eletrodoméstico de modo adequado do ponto de vista ergonômico e antropométrico (LAPETINA, 2007).

31. **estrutura de dados:** modelo matemático, que permite implementação em um sistema computacional, para a resolução de várias classes de problemas (PEREIRA, 1996, p. 6).

32. **interação:** ação que se exerce mutuamente entre duas ou mais coisas, ou duas ou mais pessoas; ação recíproca (FERREIRA, 1995, p. 365).

33. **iteração:** ato de iterar, repetir; processo de resolução de uma equação mediante uma seqüência de operações em que o objeto de cada uma é o resultado da que a precede (FERREIRA, 1995, p. 372).

34. **linguagem de computador:** conjunto finito de símbolos, de modo geral, palavras, que são utilizados na montagem de programas computacionais.

35. **modelagem de informações:** organização de relações de unidades de informação formalizadas por meio de linguagem e procedimentos para a montagem de um modelo (HALPIN e MORGAN, 2008).

36. **modelagem geométrica:** organização e estabelecimento de representações de relações dimensionais de objetos reais ou imaginários.

37. **modelo digital:** representação de objeto ou conjunto de objetos do mundo real por meio de geometrias bidimensionais ou tridimensionais.

38. **modelo:** representação construída de modo conveniente à consecução dos objetivos (SERRA, 2006, p. 90).

39. **Objeto Volumétrico (OV):** unidade volumétrica representável em meio digital.

40. **parametrizar:** alterar regradamente¹⁸⁹ valores de variáveis pré-definidas dentro de um sistema, visando encontrar um melhor arranjo para o conjunto.

41. **parâmetro:** variável ou constante à qual, numa relação determinada ou numa questão específica, se atribui um papel particular e distinto do das outras variáveis ou constantes; todo elemento cuja variação de valor modifica a solução de um problema sem lhe modificar a natureza (FERREIRA, 1995, p. 482).

42. **pesquisa operacional:** são técnicas quantitativas aplicadas à diversas áreas do conhecimento para otimização e balanceamento de resultados (EHRlich, 1976, p. 9).

43. **programa arquitetônico** ou programa de necessidades ou *programming*: é o documento no qual são identificados valores, objetivos, fatos e necessidades do(a) programa(ção) do empreendimento, do programa de necessidades, ou do programa de arquitetura (HERSHBERGER, 1999, p. 5).

44. **programa computacional ou software:** conjunto de elementos lógicos para dotar um conjunto de dispositivos eletrônicos (por exemplo, um computador) de capacidade para realizar operações de computação (LANCHARRO, LOPEZ e FERNANDEZ, 1991, p. 5).

¹⁸⁹ Regrar: traçar linhas com auxílio da regra ou régua; dispor em simetria (livros, móveis etc.); alinhar; submeter(-se) a determinadas regras; guiar(-se), regular(-se), regulamentar(-se) (WEISZFLOG, 2007).

45. **projeto arquitetônico**: é o modo pelo qual organiza-se elementos de um determinado problema por meio de representações (GREGOTTI, 1975, p. 12).
46. **síntese [do modelo digital]**: estabelecimento de relações dimensionais objetos volumétricos seguindo determinados critérios. A síntese pode ser executada por um projetista humano ou um sistema computacional (SHAFIE, 2005).
47. **síntese espacial**: capacidade de organizar espacialmente objetos volumétricos.
48. **sistema**: conjunto de elementos interconectados que compõe um todo definido (BERTALANFFY, 1975, p. 19 e 20).
49. **solução ótima**: resposta avaliada como ótima segundo certos critérios, em forma de representação gráfica (analógica ou digital), a um problema arquitetônico.
50. **solução**: uma resposta, em forma de representação gráfica (analógica ou digital), a um problema arquitetônico.
51. **variável**: que pode ter ou assumir diferentes valores, diferentes aspectos, segundo os casos particulares ou segundo circunstâncias (FERREIRA, 1995, p. 665).

Anexos

Anexo 1 - Questionário do COL em formato de telas de banco de dados

Formulou-se um questionário de APO na pesquisa COL para ser aplicado nos apartamentos visitados (fase 1, de abril de 2004 a setembro de 2004; fase 2, ano 1, de março de 2005 a maio de 2006; fase 2, ano 2, de junho de 2006 a agosto de 2007).

A seguir são apresentadas telas do banco de dados construído, em *Microsoft Access*¹⁹⁰, a partir do questionário de APO¹⁹¹ (TRAMONTANO, 2007, p. 71). Todos os 291 questionários respondidos foram inseridos no sistema para posterior consulta.

O campo “Comentário” indicado na figura a seguir foi proposto para conter comentários escritos nas folhas de respostas do entrevistador no momento da aplicação do questionário.

A imagem mostra a interface de um formulário no Microsoft Access, intitulado 'Formulário_Questionarios'. No topo, há uma barra de navegação com abas numeradas: 1 a 12, 13 a 15, 16, 17 a 18 (selecionada), 19 a 25, 26 e 28, 29 a 34, 35 e 36, 37 a 40, 41 a 43, 44 a 46, 47 a 50, 51 a 57. O formulário principal é dividido em duas colunas. A coluna da esquerda contém uma lista de campos com fundo azul: 'Questionário', 'Área de estudo', 'Condomínio', 'Apartamento', 'Andar', 'Bloco', 'Entrevistador', 'Data', 'Duração (min)', 'Registro fotográfico', 'Croqui' e 'Comentário'. A coluna da direita contém os campos de entrada correspondentes: um campo numérico com o valor '0' para 'Questionário'; campos de lista suspensa para 'Área de estudo', 'Condomínio' e 'Entrevistador'; campos numéricos com o valor '0' para 'Apartamento', 'Andar' e 'Duração (min)'; um campo de texto para 'Data'; um campo de lista suspensa para 'Registro fotográfico'; um campo de texto com o rótulo 'Desenhista:' e uma lista suspensa para 'Croqui'; e uma grande área de texto para 'Comentário'. Na base do formulário, há uma barra de status com o texto 'Registro: 1 de 1', ícones de navegação, o texto 'Sem Filtro' e um botão 'Pesquisar'.

Figura 53 – Exemplo de tela de identificação de um registro do apartamento entrevistado no banco de dados

Fonte: TRAMONTANO, 2006.

¹⁹⁰ Sistema gerenciador de banco de dados produzido pela empresa Microsoft® Corporation

¹⁹¹ Optou-se em apresentar todas as telas para evidenciar o conteúdo de todo o questionário aplicado.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionário	0	
Área de estudo		
Condomínio		
Apartamento	0	
Andar	0	
1. Faixa de idade		
2. Sexo		
3. Grau de instrução		
4. Nº moradores	0	
5. Quem mora neste apartamento?		
6. Vínculo com o apartamento		
7. Quanto tempo moram no apt.?		
8. Ocupação (em que trabalha?)		
9. Trabalham no bairro		
10. Renda mensal familiar		
11. Trabalho remunerado no apt.		
12. Cômodo - Atividade remunerada		

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 54 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 1 a 12
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionário	0	
Área de estudo		
Condomínio		
Apartamento	0	
Andar	0	
13. Trabalho remunerado no conjunto		
14. Local do conjunto		
15. Qual é o meio de transporte mais utilizado pelas pessoas que moram no apartamento? Assinale até duas respostas.		
15.1. Automóvel		
15.2. Bicicleta		
15.3. Motocicleta		
15.4. Ônibus		
15.5. Carona		
15.6. A pé		
15.7. Lotação		
15.8. Metro/Trem		
15.9. Nenhuma das anteriores		

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 55 – Exemplo de tela do banco de dados contendo as questões de 13 a 15
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionário 0

Área de estudo

Condomínio

Apartamento 0

Andar 0

16. O que você tem no apartamento? Se "sim", quantos?

16.1. Telefone celular	0	16.12. Rádio relógio	0
16.2. Máquina fotográfica	0	16.13. Aparelho de som / Rádio	0
16.3. Telefone fixo	0	16.14. Vídeo cassete	0
16.4. Extensão de telefone fixo	0	16.15. DVD player	0
16.5. Lava-roupas	0	16.16. Computador sem internet	0
16.6. Secadora de roupas	0	16.17. Computador com internet	0
16.7. Lava-louças	0	16.18. TV	0
16.8. Freezer	0	16.19. Telefone celular com camera:	0
16.9. Geladeira	0		
16.10. Liquidificador	0		
16.11. Forno microondas	0		

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 56 – Exemplo de tela com a pergunta 16 do questionário
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionário 0

Área de estudo

Condomínio

Apartamento 0

Andar 0

17. Em qual cômodo a TV fica?

18. Quais dos equipamentos abaixo você utiliza nas suas atividades de lazer? (marque mais de um se necessário)

18.1. TV	18.7. Livro
18.2. Computador	18.8. Receber visitas/vizinhos
18.3. Telefone	18.9. Nenhuma das anteriores
18.4. Rádio	18.10. Computador com internet
18.5. Revista	
18.6. Jornal	

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 57 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões 17 a 18
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionário 0

Área de estudo

Condomínio

Apartamento 0

Andar 0

19. Você usa computadores?

20. Quantos acessam internet: 0

21. Frequência de uso

22. De onde você acessa a internet? (marque mais de uma se necessário)

22.1. Casa 22.3. Amigos 22.5. Parentes 22.7. Escola 22.9. Não se aplica

22.2. Telecentro 22.4. Trabalho 22.6. Celular 22.8. Outro

23. Importância do telecentro 24. Razão da resposta

25. Que tipos de atividades você faz pela internet? Marque mais de uma se for necessário.

25.1. Diversão 25.5. Serviços públicos 25.9. Outro

25.2. Pesquisa escolar 25.6. Serviços médicos 25.10. NDA

25.3. Ler e-mails 25.7. Compras "online" 25.11. Navegação em sites

25.4. Serviços bancários 25.8. Transferência de arquivos 25.12. MSN, Chats e similares

25.13. Orkut e similares

25.14. Não se aplica

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 58 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 19 a 25
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionário 0

Área de estudo

Condomínio

Apartamento 0

Andar 0

26. O benefício que o computador pode lhe trazer está ligado a:

26.1. Emprego 26.5. Vida comunitária

26.2. Contato com amigos 26.6. Outro benefício

26.3. Acesso a serviços 26.7. Não traz benefícios

26.4. Lazer 26.8. Não imagino uso

26.9. Nenhuma das anteriores

27. Alguém costuma comunicar-se via internet com outras moradores?

27.1. Bairro

27.2. Condomínio

27.3. Prédio

27.4. Andar

27.4. Não se aplica

28. Marque até dois itens entre aqueles a seguir que você considera de maior qualidade no seu condomínio:

28.1. As pessoas

28.2. Comércio

28.3. Apartamentos

28.4. Atividades culturais

28.5. Atividades de lazer

28.6. Telecentro

28.7. Infraestrutura pública

28.8. Transporte

28.9. Segurança

28.10. Qualidade_Outro

28.11. Nenhuma das anteriores

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 59 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 26 a 28
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionário 0

Área de estudo

Condomínio

Apartamento 0

Andar 0

29. Em quais condomínios do bairro as pessoas do apartamento tem amigos?

30. Quais apartamentos frequentam?

31. Entre as 10 pessoas mais próximas (exteto apartamento), são:

31.1. Vizinhos no andar

31.2. Vizinhos no prédio

31.3. Vizinhos no condomínio

31.4. Pessoas do bairro

31.5. Pessoas do Centro Cultural

32. Vocês se consideram parte de algum grupo em Cidade Tiradentes?

33. Qual é o seu grau de satisfação quanto à aparência:

33.1. Do seu apartamento

33.2. Do seu Edifício

33.3. Do seu Conjunto habitacional

34. Como você qualifica seu apartamento quanto à:

34.1. Iluminação natural

34.2. Iluminação artificial

34.3. Temperatura no verão

33.4. Do Telecentro

33.5. Das Areas comuns

33.6. Do Centro Cultural

33b. Conforto prédio

34.4. Temperatura no inverno

34.5. Ventilação nos cômodos

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 60 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 29 a 34
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionário 0

Área de estudo

Condomínio

Apartamento 0

Andar 0

35. No seu apartamento, o que você acha do tamanho:

35.1. Da sala

35.2. Dos dormitórios

35.3. Da cozinha

35.4. Do banheiro

35.5. Da área de serviço

35.6. Do apartamento em geral

36. No seu apartamento, o que você acha:

36.1. Do local de passar roupa

36.2. Do espaço para os móveis

36.3. Do local de estudo e leitura

36.4. Da privacidade

32.5. Do local para computador

32.6. Do espaço para assistir TV

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 61 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões 35 e 36
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionario: 0

Area_de_estudo

Condominios

Apartamento: 0

Andar: 0

37. Barulho

38. Se existe ruído que te perturba, identifique a sua origem:

38.1. Parede 38.3. Teto 38.5. Apartamento vizinho 38.7. Outros

38.2. Piso 38.4. Interior_aprt 38.6. Áreas externas

39. O que você nota no apartamento em que você mora?

39.1. Teto: Infiltração de água 39.6. Teto: Pintura descascando 39.11. Paredes: Vazamentos

39.2. Teto: Trincas/Rachaduras 39.7. Nenhuma das anteriores 39.12. Paredes: Bolor

39.3. Teto: Umidade 39.8. Paredes: Infiltração de água 39.13. Paredes: Pintura descascando

39.4. Teto: Vazamentos 39.9. Paredes: Trincas/Rachaduras 39.14. Nenhuma das anteriores

39.5. Teto: Bolor 39.10. Paredes: Umidade

40. Áreas externas:

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 62 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 37 a 42
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionario: 0

Area_de_estudo

Condominios

Apartamento: 0

Andar: 0

41. Indique, em ordem de importância, até três coisas que deveriam ser melhoradas no edifício em que você mora:

41.1. Importância 1

41.1. Importância 2

41.1. Importância 3

42. Qual a sua opinião sobre a segurança:

42.1. Do bairro

42.2. Do edifício

42.3. Do apartamento

38.4. Das Escadas

43. O que você acha da conservação

43.1. Fachadas do prédio

43.2. Escadas do prédio

43.3. Áreas verdes do conjunto

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 63 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 41 a 43
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionário: 0

Área_de_estudo

Condomínios

Apartamento: 0

Andar: 0

44. Atividade de lazer no conjunto

45. Em caso positivo, qual?

45.1. Jogar bola 45.6. Baladas

45.2. Conversar 45.7. Bicicleta

45.3. Tomar sol 45.8. Nenhuma das anteriores

45.4. Empinar pipa

45.5. Outras

46. Atividade finais de semana:

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 64 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 44 a 46
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionário: 0

Área_de_estudo

Condomínios

Apartamento: 0

Andar: 0

47. Participa do Pombas Urbanas? 47. Quem (parentesco):

48. Em quais atividades do Pombas Urbanas participa?

48.1. Teatro

48.2. Filme

48.3. Cursos

48.4. Biblioteca

48.5. Lazer

48.6. Outra 44.6. Qual ?

48.7. Nenhuma das anteriores

49. Participa de algum projeto social ? 50. Qual ?

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 65 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 47 a 50
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Formulário_Questionarios

Identificação 1 a 12 13 a 15 16 17 a 18 19 a 25 26 e 28 29 a 34 35 e 36 37 a 40 41 a 43 44 a 46 47 a 50 51 a 57

Questionário: 0

Área_de_estudo

Condomínios

Apartamento: 0

Andar: 0

51. Qual processador?

52. Qual a frequência do processador (Mhz/GHz)

53. Quanto de memória RAM (em megabytes) ? 0

54. Capacidade do HardDisk (em gigabytes) ? 0

55. Qual o sistema operacional ?

56. Qual o tipo de conexão ?

57. Quais periféricos possui?

57.1 Teclado	57.5. Multimídia (CD Player)	57.9. Microfone	57.14. Palmtop
57.2. Mouse	57.6. Multimídia (DVD Player)	57.10. Headphone / Headset	57.13. Pendrive
57.3. Monitor CRT	57.7. Gravador de CD	57.11. Scanner	
57.4. Monitor LCD	57.8. Impressora	57.12. Webcam	

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

Figura 66 – Exemplo de tela do banco de dados com as questões de 51 a 57
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Além do banco de dados foi feito também um *site* para acessar remotamente as mesmas informações do questionário.

Figura 67 – Exemplo de tela do *site* para acessar as informações do banco de dados¹⁹²

Fonte: TRAMONTANO, 2006.

¹⁹² Tela do programa de computador para navegação na *Internet* denominado *Internet Explorer*, da empresa *Microsoft Corporation*.

Anexo 2 – Planta baixa dos apartamentos visitados na pesquisa COL

Figura 68 – Planta baixa do apartamento tipo 1.
Fonte: TRAMONTANO, 2006.

Figura 69 – Planta baixa do apartamento tipo 2.
 Fonte: TRAMONTANTO, 2006.

Anexo 3 – Croquis selecionados de apartamentos visitados

A seguir apresenta-se onze croquis dos ambientes com seus respectivos arranjos físicos.

Croqui 2 – Planta baixa com arranjo físico e indicação de mobilidade

Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Marcelo Ferreira

Croqui 3 – Planta baixa com arranjo físico e indicação de mobilidade
 Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Marcelo Ferreira

Croqui 4 – Planta baixa com arranjo físico e indicação de mobilidade

Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Marcelo Ferreira

Escala Gráfica

Croqui 5 – Planta baixa com arranjo físico e indicação de mobilidade

Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Marcelo Ferreira

Escala Gráfica

Espaço suficiente para:	
Cadeira de rodas	●
Pessoa andando de frente	●
Pessoa andando lateralmente	●
Alcance das mãos	●

Croqui 7 – Planta baixa com arranjo físico e indicação de mobilidade
 Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Renata Siqueira

Croqui 8 – – Planta baixa com arranjo físico e indicação de mobilidade
 Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Marcelo Ferreira

Croqui 9 – Planta baixa com arranjo físico e indicação de mobilidade

Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Marcelo Ferreira

Espaço suficiente para:	
Cadeira de rodas	●
Pessoa andando de frente	●
Pessoa andando lateralmente	●
Alcance das mãos	●

Escala Gráfica

Croqui 11 – Planta baixa com arranjo físico e indicação de mobilidade
 Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Marcelo Ferreira

Croqui 12 – Planta baixa com arranjo físico e indicação de mobilidade
 Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Marcelo Ferreira

Anexo 4 – Registros fotográficos

Foto 8 – Ambiente sala
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 9 – Ambiente sala
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 10 – Ambiente sala
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 11 – Ambiente sala
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 12 – Ambiente sala
Fonte: TRAMONTANTO, 2006

Foto 13 – Ambiente sala
Fonte: TRAMONTANTO, 2006

Foto 14 – Ambiente
dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 15 – Ambiente
dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 16 – Ambiente
dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 17 – Ambiente dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 18 – Ambiente dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 19 – Ambiente dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 20 – Ambiente dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 21 – Ambiente dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 22 – Ambiente cozinha
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 23 – Ambiente cozinha
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 24 – Ambiente cozinha
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 25 – Ambiente cozinha
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 26 – Ambiente
Cozinha
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 27 – Ambiente
Cozinha
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 28 – Ambiente
Cozinha
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 29 – Ambiente área de serviço
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 30 – Ambiente área de serviço
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 31 – Ambiente área de serviços
Fonte: TRAMONTANTO, 2006

Foto 32 – Ambiente área de serviços
Fonte: TRAMONTANTO, 2006

Foto 33 – Ambiente área de serviços
Fonte: TRAMONTANTO, 2006

Foto 34 – Ambiente banheiro
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 35 – Ambiente banheiro
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 36 – Ambiente
banheiro
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 37 – Ambiente
banheiro
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Foto 38 – Ambiente
banheiro
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Anexo 5 – Arranjos físicos

Selecionou-se alguns exemplos de croquis ilustrando os arranjos físicos dos ambientes dormitório, seja de casal ou de solteiro, banheiro e área de serviço.

As figuras 70, 71 e 72 mostram arranjos físicos do ambiente dormitório, com o mobiliário cama de solteiro.

Figura 70 – Exemplo de croqui de arranjo físico do ambiente dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Marcelo Ferreira

Figura 71 – Exemplo de croqui de arranjo físico do ambiente dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Marcelo Ferreira

Figura 72 – Exemplo de croqui de arranjo físico do ambiente dormitório
Fonte: TRAMONTANO, 2006, desenhista Marcelo Ferreira

As figuras 73 e 74 mostram exemplos de croquis do ambiente banheiro e as figuras 75 e 76 mostram exemplos de croquis do ambiente área de serviço.

Figura 73 –
Exemplo de croqui
com arranjo físico
do ambiente
banheiro
Fonte: TRAMONTANO,
2006, desenhista
Marcelo Ferreira

Figura 74 –
Exemplo de croqui
com arranjo físico
do ambiente
banheiro
Fonte: TRAMONTANO,
2006, desenhista
Marcelo Ferreira

Figura 75 –
Exemplo de croqui
com arranjo físico
do ambiente área
de serviço
Fonte: TRAMONTANO,
2006, desenhista
Marcelo Ferreira

Figura 76 –
Exemplo de croqui
com arranjo físico
do ambiente área
de serviço
Fonte: TRAMONTANO,
2006, desenhista
Marcelo Ferreira

A seguir são apresentados os arranjos físicos dos ambientes sala e cozinha.

Arranjos físicos do ambiente sala

Figura 77 – Arranjo Físico 4
Sala AFS4
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 78 – Arranjo Físico 5
Sala AFS5
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 79 – Arranjo Físico 6
Sala AFS6
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 80 – Arranjo Físico 7
Sala AFS7
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 81 – Arranjo Físico 8
Sala AFS8
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 82 – Arranjo Físico 9
Sala AFS9
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Arranjos físicos do ambiente cozinha

Figura 83 – Arranjo Físico
Cozinha (AFC4)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 84 – Arranjo Físico
Cozinha (AFC5)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 85 – Arranjo Físico
Cozinha (AFC6)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 86 – Arranjo Físico Cozinha (AFC7)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 87 – Arranjo Físico Cozinha (AFC8)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 88 – Arranjo Físico Cozinha (AFC9)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 89 – Arranjo Físico Cozinha (AFC10)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 90 – Arranjo Físico Cozinha (AFC11)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 91 – Arranjo Físico Cozinha (AFC12)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 92 – Arranjo Físico Cozinha (AFC13)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 93 – Arranjo Físico Cozinha (AFC14)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 94 – Arranjo Físico Cozinha (AFC15)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 95 – Arranjo Físico Cozinha (AFC16)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Figura 96 – Arranjo Físico Cozinha (AFC17)
Fonte: TRAMONTANO, 2006

Anexo 6 – Casos de Uso propostos

A seguir apresenta-se os Caso de Uso indicados no diagrama da Figura 47, item 7.2.2.

Quadro 37 – Caso de Uso: Abrir instância do programa computacional *CAADD*

Objetivo: Abrir instância do programa computacional *CAADD*.
Contexto de Uso: Promover a manutenção ou criação de informações no sistema.
Ator Primário: Arquiteto mantenedor do sistema.
Interessados e Interesses: Projetistas colaboradores.
Pré-condição: Autenticação no sistema.
Garantia(s) Mínima(s): O usuário deverá informar um *login* e uma senha válidos.
Garantia(s) de Sucesso: O usuários estar cadastrado no sistema.
Cenário de Sucesso Principal:
1. O usuário digita o *login* e a senha e o sistema é liberado para utilização.
Extensões (cenários alternativos):
1a. O login e/ou a senha são inválidos ou não conferem; é necessário entrar em contado com o administrador do sistema.

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 38 – Caso de Uso: Cadastrar restrições geométricas na base de dados a partir de Avaliações Pós-Ocupação funcionais

Objetivo: Cadastrar/Incrementar/Apagar restrições geométricas na base de dados a partir de Avaliações Pós-Ocupação funcionais.
Contexto de Uso: Acesso à base de dados do sistema.
Escopo: Programa de computador *CAADD* acessando a base de dados.
Ator Primário: Arquiteto mantenedor do sistema.
Interessados e Interesses: Arquitetos operadores do sistema.
Pré-condição: As informações dos resultados de APO estarem condizentes com as variáveis definidas no sistema.
Garantia(s) Mínima(s): Dispor de informações organizadas de modo orientado à especificação geométrica dimensional-funcional, coletadas por meio de APO.
Garantia(s) de Sucesso: As informações de APO funcionais estarem completas em relação aos ambientes da habitação.
Acionador: Clicar com o ponteiro do *mouse* no *menu* "Gerenciar" e "Avaliação Pós-Ocupação funcional"
Cenário de Sucesso Principal:
1. O mantenedor aciona o módulo de gerenciamento de restrições de APO funcional e incrementa ou edita informações da base de dados.
Extensões (cenários alternativos):
1a. As informações dos resultados de APO funcional não condizem com as variáveis apresentadas pelo sistema.

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 39 – Caso de Uso: Cadastrar/Editar/Apagar restrições geométricas na base de dados a partir de legislação e normas.

Objetivo: Cadastrar/Editar/Apagar restrições geométricas na base de dados a partir de legislação e normas.
Contexto de Uso: Acesso à base de dados do sistema.
Escopo: Programa de computador *CAADD* acessando a base de dados.
Ator Primário: Arquiteto mantenedor do sistema.
Interessados e Interesses: Arquitetos operadores do sistema.
Pré-condição: As informações poderem ser interpretadas e traduzidas geometricamente.
Garantia(s) Mínima(s): Dispor de informações organizadas de modo orientado à especificação geométrica dimensional-funcional, coletadas por meio de legislações e normas.
Garantia(s) de Sucesso: As informações estarem geometrizadas para serem inseridas no sistema.
Acionador: Clicar com o ponteiro do *mouse* no *menu* "Gerenciar" e "Legislações e Normas"
Cenário de Sucesso Principal:
1. O mantenedor aciona o módulo de gerenciamento de restrições de legislações e normas e incrementa ou edita informações da base de dados.

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 40 – Caso de Uso: Cadastrar/Buscar/Exibir/Listar/Editar/Apagar OV's na base de dados

Objetivo: Cadastrar/Buscar/Exibir/Listar/Editar/Apagar OV's na base de dados
Contexto de Uso: Acesso à base de dados do sistema.
Escopo: Programa de computador *CAADD* acessando a base de dados.
Ator Primário: Arquiteto mantenedor do sistema.
Interessados e Interesses: Arquitetos operadores do sistema.
Pré-condição: Ao cadastrar o identificador do OV deve ser único na base de dados; para as outras ações o OV deverá existir na base de dados.
Garantia(s) Mínima(s): Existir OV's na base de dados (exceto no cadastro do primeiro OV).
Garantia(s) de Sucesso: Serem informados todos os atributos do OV.
Acionador: Clicar com o ponteiro do *mouse* no *menu* "Elementos volumétricos".
Cenário de Sucesso Principal:
1. O mantenedor aciona o módulo de gerenciamento de OV's e incrementa ou edita informações da base de dados.
Extensões (cenários alternativos):
1a. O identificador do OV já existe na base de dados;
1b. Os atributos do OV estão incompletos.

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 41 – Caso de Uso: Buscar/Exibir/Listar restrições geométricas de Avaliações Pós-Ocupação funcionais do modelo digital corrente

<p>Objetivo: Buscar/Exibir/Listar restrições geométricas de Avaliações Pós-Ocupação funcionais do modelo digital corrente.</p> <p>Contexto de Uso: Acesso ao modelo digital corrente.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i>.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto operador do sistema.</p> <p>Interessados e Interesses: Equipe de projeto arquitetônico.</p> <p>Pré-condição: Estar carregado um modelo digital da base de dados.</p> <p>Garantia(s) Mínima(s): Existir restrições geométricas de APO funcional na base de dados.</p> <p>Acionador: Clicar com o ponteiro do <i>mouse</i> no <i>menu</i> "Restrições geométricas dinâmicas".</p> <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O operador aciona o comando e visualiza as informações desejadas. <p>Extensões (cenários alternativos):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1a. Não existir informações de APO funcional na base de dados.
--

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 42 – Caso de Uso: Buscar/Exibir/Listar/Editar restrições geométricas de legislações e normas no modelo digital corrente

<p>Objetivo: Buscar/Exibir/Listar/Editar restrições geométricas de legislações e normas no modelo digital corrente.</p> <p>Contexto de Uso: Acesso ao modelo digital corrente.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i>.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto operador do sistema.</p> <p>Interessados e Interesses: Equipe de projeto arquitetônico.</p> <p>Pré-condição: Estar carregado um modelo digital da base de dados.</p> <p>Garantia(s) Mínima(s): Existir restrições geométricas de legislações e normas na base de dados.</p> <p>Acionador: Clicar com o ponteiro do <i>mouse</i> no <i>menu</i> "Restrições geométricas estáveis".</p> <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O operador aciona o comando e visualiza as informações desejadas. <p>Extensões (cenários alternativos):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1a. Não existir informações de legislações e normas na base de dados.
--

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 43 – Caso de uso: Criar/Buscar/Exibir/Listar/Selecionar/Editar/Apagar/Mover OV's no modelo digital corrente

<p>Objetivo: Buscar/Exibir/Listar/Selecionar/Editar/Apagar OV's no modelo digital corrente.</p> <p>Contexto de Uso: Acesso ao modelo digital corrente.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i>.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto operador do sistema.</p> <p>Interessados e Interesses: Equipe de projeto arquitetônico.</p> <p>Pré-condição: Estar carregado/aberto o modelo digital.</p> <p>Garantia(s) Mínima(s): Estar no módulo de acesso à funcionalidade.</p> <p>Acionador: Escrever na lacuna "Busca" o(s) OV(s) a serem encontrados e exibidos; selecionar com o ponteiro do <i>mouse</i> na tela de visualização do modelo digital os OV(s) ou na estrutura hierárquica de OV's.</p> <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none">1. O operador digita ou seleciona o OV;2. Aberta a janela de criação ou leitura de atributos do OV, o sistema aguarda a próxima ação. <p>Extensões (cenários alternativos):</p> <ol style="list-style-type: none">2a. São digitados informações inválidas no contexto do sistema.
--

Fonte: Autor da dissertação

Ao editar o objeto volumétrico pode-se definir o seu tipo de visualização em: armação de arame transparente (*wireframe*), armação de arame sólida (*hide wireframe*), sombras em escalas de cor cinza (*shadows*), fotorrealidade (*render*). Com isso os objetos de uma cena podem ser exibidos com tipos de visualizações diferentes. Por exemplo, pode-se visualizar em formato de fotorrealidade os OV de mobiliários de um ambiente sala, e o OV desse ambiente ser visualizado em armação de arame, ou como uma caixa de vidro para mostrar o conteúdo.

Quadro 44 – Caso de Uso: Cadastrar coordenadas georreferenciadas do lote urbano no modelo digital corrente

<p>Objetivo: Cadastrar coordenadas georreferenciadas do lote urbano no modelo digital corrente</p> <p>Contexto de Uso: Acesso ao modelo digital corrente.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i>.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto operador do sistema.</p> <p>Interessados e Interesses: Equipe de projeto arquitetônico.</p> <p>Pré-condição:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Estar carregado/aberto o modelo digital;2. Dispor de coordenadas geográficas dos vértices do polígono que representam o lote urbano. <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none">1. O operador digita as informações do polígono georreferenciado;2. O polígono é visualizado na tela do sistema. <p>Extensões (cenário alternativo):</p> <ol style="list-style-type: none">1a. Os pontos do polígono não estão georreferenciados;1b. Falta informações de todos os polígonos.
--

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 45 – Caso de Uso: Cadastrar cotas a partir de malha ortogonal traçada no polígono que representa o lote urbano no modelo digital corrente

<p>Objetivo: Cadastrar cotas a partir de malha ortogonal traçada no polígono que representa o lote urbano no modelo digital corrente.</p> <p>Contexto de Uso: Acesso ao modelo digital corrente.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i>.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto operador do sistema.</p> <p>Interessados e Interesses: Equipe de projeto arquitetônico.</p> <p>Pré-condição:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Estar carregado/aberto o modelo digital;2. Estar cadastrado todas as coordenadas geográficas dos vértices do polígono que representa o lote urbano. <p>Garantia(s) Mínima(s): O número de cotas deve ter um mínimo suficiente para apresentar uma volumetria adequada, e um máximo para que a entrada de dados seja factível.</p> <p>Acionador: Clicar com o ponteiro do <i>mouse</i> no <i>menu</i> "Inserir cotas"</p> <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none">1. O operador digita as informações de cada cota correspondentes aos pontos da intersecção da malha;2. A representação volumétrica é apresentada na tela. <p>Extensões:</p> <ol style="list-style-type: none">1a. Há discrepância significativa de valores.
--

Fonte: Autor da dissertação

Conforme comentado anteriormente, adota-se como limites de pré-projeto, no sistema computacional, uma área de lote que varia entre 500,00m² e 20.000,00m² (Artigo 51 do Decreto Nº 11.106 de 28 de junho de 1974). Sob essas condições, um lote de 20.000,00m², com uma malha de 5,00x5,00m, ter-

se-ia por volta de 900 pontos de cota; e um lote de 500,00m², com uma malha de 2,00x2,00m, ter-se-ia por volta de 170 pontos de cota. Quanto mais pontos de cota, mais precisa é a superfície do terreno original a ser gerada; porém, a quantidade de informações a serem inseridas é relativamente extensa. Considerar também que uma malha maior que 5,00x5,00m torna a superfície do terreno bastante imprecisa quando comparada ao(s) volume(s) das edificações contidas no lote urbano. Caso seja uma alternativa muito dispendiosa, é possível utilizar a situação do Caso de Uso 10.

Quadro 46 – Caso de Uso: Importar polígono do lote urbano e a malha de cotas para o modelo digital corrente

<p>Objetivo: Importar polígono do lote urbano e a malha de cotas para o modelo digital corrente.</p> <p>Contexto de Uso: Acesso ao modelo digital corrente.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i>.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto operador do sistema.</p> <p>Interessados e Interesses: Equipe de projeto arquitetônico.</p> <p>Pré-condição: estar carregado/aberto o modelo digital.</p> <p>Garantia(s) Mínima(s):</p> <ol style="list-style-type: none">1. O formato do arquivo de dados ser compatível com o sistema;2. O nível de detalhamento ser compatível com a escala do modelo digital. <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none">1. O operador selecionar o arquivo e importa os dados;2. A representação volumétrica é apresentada na tela. <p>Extensões (cenários alternativo):</p> <ol style="list-style-type: none">1a. Ocorrer erro na importação de dados.

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 47 – Caso de Uso: Visualizar/Aproximar/Afastar/Rotacionar_3D/Alterar perspectiva de visualização do modelo digital corrente

<p>Objetivo: Visualizar/Aproximar/Afastar/Rotacionar em 3D/Alterar perspectiva de visualização do modelo digital corrente.</p> <p>Contexto de Uso: Acesso ao modelo digital corrente.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i>.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto operador do sistema</p> <p>Interessados e Interesses: Equipe de projeto arquitetônico.</p> <p>Pré-condição: Estar carregado/aberto o modelo digital.</p> <p>Acionador: Clicar com o ponteiro do <i>mouse</i> no respectivo <i>menu</i> ou no botão de visualização.</p> <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none">1. O operador aciona o comando e visualiza o modelo digital corrente da maneira que desejar. <p>Extensões (cenários alternativos):</p> <ol style="list-style-type: none">1a. Ainda não existir OV's no modelo digital corrente.

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 48 – Caso de Uso: Exportar modelo digital

<p>Objetivo: Exportar modelo digital</p> <p>Contexto de Uso: Acesso ao modelo digital corrente.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i>.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto operador do sistema.</p> <p>Interessados e Interesses: Parceiros e Fornecedores.</p> <p>Pré-condição: Estar carregado/aberto o modelo digital.</p> <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none">1. O operador aciona o comando de exportação;2. É criado um arquivo de dados contendo informações alfanuméricas em formato X3D do modelo digital corrente. <p>Extensões (cenários alternativos):</p> <ol style="list-style-type: none">1a. Ocorrer erro na exportação.

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 49 – Caso de Uso: Exibir/Navegar (n)a estrutura hierárquica de OV's do modelo digital corrente

<p>Objetivo: Exibir/Navegar (n)a estrutura hierárquica de OV's do modelo digital corrente.</p> <p>Contexto de Uso: Acesso ao modelo digital corrente.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i>.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto operador do sistema.</p> <p>Interessados e Interesses: O próprio operador.</p> <p>Pré-condição: Estar carregado um modelo digital novo ou da base de dados.</p> <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none">1. O operador aciona o comando e visualiza as informações da estrutura hierárquica de OV's. <p>Extensões (cenários alternativos):</p> <ol style="list-style-type: none">1a. Não há OV's carregados no modelo digital corrente.

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 50 – Caso de Uso: Exibir/Editar legislação ou norma por esfera governamental e delimitação geográfica administrativa na base de dados

Objetivo: Exibir/Editar legislação ou norma por esfera governamental e delimitação geográfica administrativa na base de dados
Contexto de Uso: Acesso à base de dados do sistema.
Escopo: Programa de computador *CAADD* acessando a base de dados.
Ator Primário: Arquiteto mantenedor e Arquiteto operador do sistema
Interessados e Interesses: Arquiteto operador e equipe de projeto arquitetônico
Pré-condição: Ter privilégio no sistema para edição de dados (editar) ou existir dados de legislação ou norma na base de dados (exibir).
Cenário de Sucesso Principal:
1. O mantenedor aciona o comando para editar informações; o operador solicita a exibição de informações;
2. O mantenedor visualiza a tela de edição de informações; o operador visualiza as informações na tela.
Extensões (cenários alternativos):
1a. Não existir informações de legislações e normas na base de dados.

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 51 – Caso de Uso: Criar/Exibir/Editar Programa de Necessidades do modelo digital corrente.

Objetivo: Criar/Exibir/Editar Programa de Necessidades do modelo digital corrente.
Contexto de Uso: Acesso ao modelo digital corrente.
Escopo: Programa de computador *CAADD*.
Ator Primário: Arquiteto operador do sistema.
Interessados e Interesses: Equipe de projeto arquitetônico.
Pré-condição: Estar carregado o modelo digital.
Cenário de Sucesso Principal:
1. O operador aciona o comando para criar, exibir ou editar as informações;
2. É apresentada a tela de criação, exibição ou edição de um Programa de Necessidades.
Extensões (cenários alternativos):
2a. Não há informações no modelo digital corrente (exibir ou editar).

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 52 – Caso de Uso: Gerar uma disposição geométrica automática do modelo digital corrente a partir de um Programa de Necessidades

<p>Objetivo: Gerar uma disposição geométrica automática do modelo digital corrente a partir de um Programa de Necessidades.</p> <p>Contexto de Uso: Acesso ao modelo digital corrente.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i>.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto operador do sistema.</p> <p>Interessados e Interesses: Equipe de projeto arquitetônico.</p> <p>Pré-condição:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Estar disponível um modelo digital;2. Existir pelo menos um Programa de Necessidades. <p>Acionador: Comando “Gerar”.</p> <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none">1. O operador aciona o comando “Gerar” e o sistema inicia o processamento;2. Os OV's vão sendo posicionados na tela de visualização do modelo digital corrente.3. O sistema conclui a geração do arranjo físico ou, caso ocorra alguma situação de alta complexidade, o sistema efetua uma pausa na geração e aguarda uma ação do operador do sistema. <p>Extensões (cenários alternativos):</p> <ol style="list-style-type: none">1a. Não há informações suficientes para a geração de um arranjo físico;

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 53 – Caso de Uso: Gerenciar Programas de Necessidades na base de dados

<p>Objetivo: Gerenciar Programas de Necessidades na base de dados</p> <p>Contexto de Uso: Acesso à base de dados do sistema.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i> acessando a base de dados.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto mantenedor do sistema.</p> <p>Interessados e Interesses: Arquiteto operador e Equipe de projeto arquitetônico.</p> <p>Pré-condição: Acessar a base de dados.</p> <p>Garantia(s) Mínima(s): O usuário ter privilégio de acesso à base de dados.</p> <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none">1. O mantenedor aciona o comando e é exibida a tela de gestão de Programa de Necessidades. <p>Extensões (cenários alternativos):</p> <ol style="list-style-type: none">1a. O identificado do Programa de Necessidades já existe na base de dados.

Fonte: Autor da dissertação

Quadro 54 – Caso de Uso: Carregar para o modelo digital corrente um Programa de Necessidades existente na Base de Dados

<p>Objetivo: Carregar para o modelo digital corrente um Programa de Necessidades existente na Base de Dados</p> <p>Contexto de Uso: Acesso à base de dados do sistema.</p> <p>Escopo: Programa de computador <i>CAADD</i> acessando a base de dados.</p> <p>Ator Primário: Arquiteto operador do sistema</p> <p>Interessados e Interesses: Equipe de projeto arquitetônico.</p> <p>Pré-condição:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Ter acesso à base de dados;2. Existir Programas de Necessidades na base de dados. <p>Cenário de Sucesso Principal:</p> <ol style="list-style-type: none">1. O operador aciona o comando e o sistema apresenta os Programas de Necessidades disponíveis na base de dados.2. Um Programa de Necessidades é selecionado e o sistema carrega as informações para o modelo digital corrente;3. Pode-se visualizar o Programa de Necessidades carregado a partir do modelo digital corrente. <p>Extensões (cenários alternativos):</p> <ol style="list-style-type: none">1a. Ocorre erro de arquivo ou de rede ao carregar o Programa de Necessidades.

Fonte: Autor da dissertação