Compreendendo o edifício como organismo.

Interfaces entre pensamento sistêmico, ensino de projeto e sustentabilidade

Tese de doutorado de

Cynthia Marconsini Loureiro Santos

Orientador:
Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

PROARQ – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Março - 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROARQ - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA

Compreendendo o edifício como organismo.

Interfaces entre pensamento sistêmico, ensino de projeto e sustentabilidade.

Cynthia Marconsini Loureiro Santos

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura, linha de pesquisa em Sustentabilidade, Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Rio de Janeiro

Março de 2012

Santos, Cynthia Marconsini Loureiro
Compreendendo o edifício como organismo: interfaces entre pensamento sistêmico, ensino de projeto e sustentabilidade. – Rio de Janeiro: UFRJ/FAU, 2012.
309p. :il.

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos
Tese (Doutorado) – UFRJ/PROARQ/Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, 2012.
Referências bibliográficas: p.272-280

1. Arquitetura. 2. Ensino de Projeto 3. Projeto Arquitetônico. 4. Arquitetura –Sustentabilidade. 5. Pensamento sistêmico. I. Bastos, Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. III. Título.

Compreendendo o edifício como organismo.

Interfaces entre pensamento sistêmico, ensino de projeto e sustentabilidade.

Cynthia Marconsini Loureiro Santos

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura, linha de pesquisa em Sustentabilidade, Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Aprovada por:

_____

Orientador – Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc.

_____

Miguel Aloysio Sattler, D. Sc.

_____

Claudia Mariz de Lyra Barroso-Krause, D. Sc.

_____

Guilherme Carlos Lassance dos Santos Abreu, D.Sc.

_____

Letícia Maria de Araújo Zambrano, D. Sc.

_____

Mônica Santos Salgado, D. Sc.

Rio de Janeiro
Março de 2012

“Precisamos aprender a contextualizar e a globalizar os conhecimentos. Devemos saber que a revolução atual não se dá no terreno do combate mortal das boas e verdadeiras ideias contra as más e falsas ideias, mas no campo da complexidade do modo de organização das ideias. Assim, pensar implica recusar de modo permanente o avanço das simplificações”.

MORIN, Edgar. O Método 4: As ideias: habitat, vida, costumes, organização. Porto Alegre: Sulina, 2011, p.9.

“*Design* certamente não pode mudar o mundo, nem pode ele projetar estilos de vida (impondo maneiras de agir sobre as pessoas de acordo com suas intenções), mas o *design* pode ‘dar forma’ para um mundo em mudança e ‘oferecer oportunidades’ para novos tipos de comportamento.”

MANZINI, Ezio. Design, environment and social quality: for “existenzminimum” to “quality maximum”. Design Issues, Vol. 10. N.1, p.37-43, 1994, p.43. Tradução nossa.

Ao Tadeu e à Maitê.

AGRADECIMENTOS

Ao professor, orientador e amigo Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos pelas orientações e pela confiança.

Aos professores membros da banca examinadora, Cláudia Barroso-Krause, Mônica Santos Salgado, Letícia Zambrano, Guilherme Lassance e Miguel Sattler, em especial àqueles que contribuíram na banca de qualificação do doutorado.

À professora suplente da banca Giselle Arteiro.

Aos professores da UVV que compartilharam a experiência pedagógica, professores Juliana Vervloet, João Marcelo, Priscilla Loureiro, pelo companheirismo, profissionalismo, confiança e amizade. Um especial agradecimento à coordenadora do curso de Arquitetura e Urbanismo da UVV, Ana Paula Rabello Lyra.

A Michele Marconsini e Suelen Marconsini, irmãs e amigas, por todo o auxílio que contribuiu enormemente para a realização desse trabalho.

À Graça Lucas Loureiro pelo carinho e o por todo o apoio dedicado.

À amiga e professora Andréa Laranja pelas palavras amigas e por todo o incentivo.

A CAPES por ter financiado parte da pesquisa, no primeiro ano de trabalho.

Um agradecimento muito especial ao Tadeu Correa dos Santos pelo carinho, pela paciência e pelo apoio incondicional.

RESUMO

A partir do reconhecimento de que tanto o processo de concepção arquitetônico quanto o edifício podem ser compreendidos como sistemas e que por sua vez essa compreensão colabora com processos de projeto orientados para a sustentabilidade, esse trabalho estabelece interfaces entre a pesquisa relacionada com o pensamento sistêmico e as pesquisas relacionadas com os métodos de projeto e com a sustentabilidade. Elaborou-se uma síntese sobre os conceitos gerais estabelecidos no pensamento sistêmico e a partir dessa síntese procurou-se compreender como eles se revelam na pesquisa relacionada com os métodos de projeto, conhecida como "D*esign methods*". Nessa investigação, destacaram-se três visões elaboradas sobre os sistemas de projeto: o sistema orientado por metas, investigado por Simon (1997); o sistema como um processo retroalimentado, através da aprendizagem pelo fazer, investigado por Schon (1983; 2000) e o sistema construído a partir de uma "linguagem de padrões", investigado por Alexander (1976; 1981). Identificou-se que tais visões podem fundamentar processos de projeto-baseado-no-desempenho [*performance-based-design*], uma abordagem contemporânea do processo projetual incentivada pelos desafios que se apresentam ao mundo contemporâneo e pelas novas possibilidades advindas das mídias digitais. Entendeu-se que o conceito de projeto-baseado-no-desempenho se entrelaça ao conceito de projeto orientado para a sustentabilidade, ao se compreender a sustentabilidade como um atendimento a requisitos de desempenho (sociais, econômicos e ambientais), definidos a partir de uma situação-problema, em um determinado espaço-tempo. Assim, elaborou-se uma investigação da sustentabilidade na arquitetura fundamentada na abordagem sistêmica, reconhecendo a sustentabilidade como parte da mudança paradigmática na maneira de ver e perceber o mundo, que se intensifica no início do século XX, a partir do pensamento sistêmico. A partir da interface teórica estabelecida investigou-se de que forma ela pode se revelar no âmbito do ensino de arquitetura. Para isso, realizou-se uma experiência pedagógica, na qual se explorou um método de ensino fundamentado nos elementos teorizados no corpo dessa tese. Procurou-se investigar criticamente como esses elementos, quando utilizados no ateliê de ensino, contribuíram para que alunos de arquitetura construíssem um entendimento sistêmico do objeto arquitetônico e de seu desempenho, colaborando para o reconhecimento do edifício como um organismo.

ABSTRACT

The architectural design process and the building oneself can be both understood as system. This understanding collaborates with sustainability-oriented design processes. Based on those facts, this work establishes interfaces between the systems thinking, design methods and sustainability researches. A synthesis of the systems thinking general concepts was developed. Through this synthesis we have tried to understand how they are revealed in the Design Methods research. In this investigation we highlight three visions about the systems design: the goal-seeking systems investigated by Simon (1997); the system as a feedback process through learning by doing, given by Schon (1983; 2000); the systems developed from "pattern language", investigated by Alexander (1976; 1981). These views can support performance-based-design process, a contemporary approach for the design process encouraged by the contemporary world challenges and by the new possibilities arising from the digital media. We understood that the performance-based-design concept is linked to the sustainability oriented design concept when understanding sustainability as the achievement of the performance requirements (social, economic and environmental), defined from a problem situation in a given space-time. Thus, it was conducted an investigation of architectural sustainability based on the systems approach, recognizing sustainability as part of the paradigm shift in the way of seeing and perceiving the world, which intensifies in the early twentieth century by systems thinking. From the developed theoretical interface, was investigated how it can be revealed on the architectural teaching. In a learning experience it was explored a teaching method based on the theoretical elements of this work. It was investigated how these elements can contribute to students understand the architectural object and its performance in a systemic way, helping to recognize the building as an organism.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 3
1.1. Contextualização 3
1.2. Antecedentes e Motivações 9
1.3. Objetivos e Hipóteses 13
1.4. Método e Estrutura 14
2. A ABORDAGEM SISTÊMICA 21
2.1. O Pensamento analítico 21
2.2. O pensamento sistêmico 25
2.2.1. Complexidade 29
2.2.2. Sistema 31
2.2.3. Hierarquia 32
2.2.4. Emergência 33
2.2.5. Organismo e auto-organização 34
2.2.6. Retroalimentação 37
2.2.7. Subjetividade 40
2.2.8. Contexto 41
2.2.9. Sistemas soft e sistemas hard 43
2.3. Conclusões do capítulo 48
3. A ABORDAGEM SISTÊMICA E A METODOLOGIA DO PROJETO 53
3.1. Projeto como estruturação de problemas 56
3.2. Christopher Alexander e a linguagem dos padrões 61
3.3. Herbert Simon e o sistema orientado por metas 71
3.4. Donald Schon e o processo de conhecimento cibernético. 77
3.5. Projeto baseado-no-desempenho 82
3.5.1. Modelos CAD [CAD models] 85
3.5.2. Modelos de formação digital [formation models] 86
3.5.3. Modelos generativos [generative models] 90
3.5.4. Modelos baseados no desempenho [performance-based-models] 92
3.6. Conclusões do capítulo 98
4. A ABORDAGEM SISTÊMICA E A SUSTENTABILIDADE 105
4.1. Sustentabilidade 105
4.2. Sustentabilidade e pensamento em projeto (design thinking) 109
4.3. Sustentabilidade e arquitetura 113
4.4. A analogia orgânica na arquitetura 121
4.5. Compreendendo o edifício como organismo 130
4.6. Conclusões do capítulo 136
5. EXPERIMENTAÇÃO: RELATO DA EXPERIÊNCIA PEDAGÓGICA NO ATELIÊ DE ENSINO DE PROJETO 139
5.1. Contextualização 139
5.1.1. O contexto acadêmico 139
5.1.2. A sala de aula para ensino da disciplina Ateliê III 142
5.1.3. O corpo docente do Ateliê III 144
5.1.4. O enfoque conceitual-programático do Ateliê III: O edifício híbrido 145
5.1.5. A abordagem da sustentabilidade no Ateliê III 147
5.2. O plano de ensino e os produtos 148

5.2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO 151
5.2.2. PROPOSIÇÃO 162
5.2.3. ORGANIZAÇÃO e PARTIDO 167
5.2.4. DECOMPOSIÇÃO HIERÁRQUICA 179
5.2.5. O ESPAÇO ORIENTADO PELOS EVENTOS 194
5.2.6. A ENVOLTORIA A PARTIR DO DESEMPENHO 200
6. INVESTIGAÇÃO: COMPREENDENDO O EDIFÍCIO COMO ORGANISMO NO ATELIÊ DE ENSINO DE ARQUITETURA. 210
6.1. Os elementos sistêmicos no contexto da disciplina 210
6.1.1. Sistema e organismo. 211
6.1.2. Auto-organização 215
6.1.3. Contexto e Desempenho 220
6.1.4. Hierarquia, emergência e retroalimentação. 233
6.1.5. Subjetividade 238
6.2. A contribuição das ferramentas para a abordagem sistêmica do projeto 241
7. CONCLUSÕES 258
7.1. Sobre a contribuição da interface estabelecida entre pensamento sistêmico e metodologia projetual para a compreensão do “edifício como organismo”. 258
7.2. Sobre a contribuição da compreensão do “edifício como organismo” para o ensino de projeto de arquitetura. 262
7.3. Sobre a contribuição da ferramenta digital de modelagem paramétrica para a compreensão do “edifício como organismo” no ensino de projeto de arquitetura 264
7.4. Sugestões para futuras investigações 267
REFERÊNCIAS 270

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de influência representando diferentes desdobramentos da abordagem sistêmica em diversos campos disciplinares, nomeando principais pesquisadores. (Fonte: Adaptado de ISON, MAITENY e CARR, 1997). 28
Figura 2 - Decomposição Hierárquica. Fonte: autora. 33
Figura 3 – Sistema biológico (Fonte: adaptado de JACKSON, 2003). 42
Figura 4 – As posturas dos sistemas hard e soft (Fonte: adaptado de CHECKLAND, 2000). 44
Figura 5 - O ciclo da SSM (Fonte: adaptado de CHECKLAND, 2000). 47
Figura 6 – "Qualidade sem nome" (esquerda) e "Estar vivo" (direita) (Fonte: ALEXANDER, 1981). 62
Figura 7 – Padrões de acontecimentos (Fonte: ALEXANDER, 1981). 63
Figura 8 – "Lugar Janela" (Fonte: ALEXANDER, 1977). 66
Figura 9 – Grupo individual de padrões (esquerda). Conexões organizadas de padrões, configurando-se como novos padrões em níveis mais altos, demostrando a decomposição hierárquica dos padrões, ou seja, sua linguagem (direita) (Fonte: SALINGAROS, 2000). 69
Figura 10 – conexões hierárquicas mostram como padrões de níveis mais altos depende de padrões de níveis mais baixos (esquerda). Padrões de um nível mais baixo se combinam para definir um padrão de um nível mais alto (direita) (Fonte: SALINGAROS, 2000). 69
Figura 11 – Termos envolvidos na concepção do artefato, segundo Simon (1996). Fonte: autora. 73
Figura 12 - Decomposição Hierárquica linear, onde existem relações de subordinação entre os componentes (esquerda) x Decomposição Hierárquica em Rede, onde não existem relações visíveis de subordinação (direita) (Fonte: autora). 75
Figura 13 –Modelagem paramétrica utilizando software CATIA em projeto de Frank O. Gehry. Fonte: traduzido de http://www.arcspace.com/gehry_new/index.html?main=/gehry_new/catia/catia.html. Acessado em fevereiro de 2011 89
Figura 14 – Projeto Ether/I de dECOI. Fonte: http://www.newitalianblood.com/show.pl?id=687. Acessado em Fevereiro de 2011. 90
Figura 15 - Auto-formação e auto-otimização derivada da manipulação de materiais viscosos, utilizando a experimentação física e a computação paramétrica. Fonte: adaptado de http://www.andres.harris.cl/?page_id=36, acessado em julho de 2011. 91
Figura 16 – Simulação através de software de Bentley Systems, durante o processo de concepção, para definição da forma aerodinâmica da torre Swiss RE. Fonte: http://www.architectureweek.com/2005/0525/tools_1-2.html. Acesso em fevereiro de 2011. 94
Figura 17 - Hangzhou Stadium, NBBJ e CCDI (Fonte: 95
Figura 18 - Processo generativo utilizado para a concepção da forma do Hangzhou Stadium . Acima a linguagem generativa elaborada no grasshopper. Fonte: http://nmillerarch.blogspot.com/2009/12/parametric-strategies-in-design-of.html. 96
Figura 19 – Subdivisões do organismo arquitetônico (Fonte: OYOLA, 2008). 128
Figura 20 – O corpo humano é um edifício composto de muitas peças diferentes (Fonte: OYOLA, 2008). 129
Figura 21 – O "organismo" edifício. Fonte: autora. 132
Figura 22 – Disciplinas cursadas e em curso pelo aluno de quinto período da Faculdade de Arquitetura da UVV (Fonte: projeto pedagógico do curso) 142

Figura 23 - A sala de aula para ensino de Ateliê da Universidade Vila Velha (Fonte: autora). 143
Figura 24 - Sala de aula sendo utilizada em dinâmicas variadas: exposição oral, confecção de maquete, utilização de notebook, desenhos manuais, exercícios em grupo (Fonte: autora). 144
Figura 25 - Sala de aula sendo utilizada em dinâmicas variadas: exposição oral, confecção de maquete, utilização de notebook, desenhos manuais, exercícios em grupo (Fonte: autora). 144
Figura 26 – Estrutura evolutiva do plano de ensino desenvolvido no Ateliê III (Fonte: autora). 151
Figura 27 – Fluxograma do Módulo “Contextualização” (Fonte: autora). 152
Figura 28 – Mapa conceitual sobre “arquitetura sustentável/durável” elaborada por Camila e Gabriela, alunas do Ateliê III (Fonte: autora). 155
Figura 29 - Localização do terreno escolhido (Fonte: Google Earth) 157
Figura 30 - Confecção do mapa físico tridimensional – Turma 2011/02 (Fonte: autora). 160
Figura 31 – Mapa físico tridimensional desenvolvido pelos alunos – Turma 2011/02 (Fonte: autora). 161
Figura 32 – Modelo digital do entorno construído no Revit Architecture (Fonte: autora). .. 161
Figura 33 – Modelo digital do entorno construído no Sketchup (Fonte: autora). 162
Figura 34 – Fluxograma do Módulo “PROPOSIÇÃO” (Fonte: autora). 163
Figura 35 – O ciclo da SSM (Fonte: traduzido de CHECKLAND, 2000). 164
Figura 36 – Seminário interativo para construção da “figura rica” sobre o contexto (Fonte: autora). 165
Figura 37 – “Figura rica” elaborada por grupo de alunos durante o módulo “proposição” (Fonte: autora). 166
Figura 38 – Diagrama “DESEMPENHO” apresentado aos alunos em aula expositiva (Fonte: autora). 168
Figura 39 – Fluxograma do módulo “ORGANIZAÇÃO E PARTIDO” (Fonte: autora). 171
Figura 40 – Diagrama “organização” elaborado pelas alunas Carol e Yasmim (Fonte: a autora). 172
Figura 41 – Plantas baixas esquemáticas elaboradas pelas alunas Aghata e Diana (Fonte: autora). 173
Figura 42 – Implantações esquemáticas produzidas por alunos durante o módulo “ORGANIZAÇÃO E PERTIDO” (Fonte: autora). 174
Figura 43 – Maquetes físicas produzida por alunos durante o módulo “ORGANIZAÇÃO E PARTIDO” (Fonte: autora). 175
Figura 44 – Diagramas de organização dos “territórios” elaborados por alunos. (Fonte: autora). 176
Figura 45 – Diagramas “acessos e percursos” elaborados por alunos (Fonte: autora). 177
Figura 46 - Diagramas esquemáticos elaborados pelos alunos sobre a adequação climático-ambiental das propostas (conforto térmico, insolação, ventilação) (Fonte: autora). 178
Figura 47 – Diagramas esquemáticos elaborados por alunos sobre a adequação climático-ambiental das propostas (Fonte: autora). 179
Figura 48 - Fluxograma do módulo “DECOMPOSIÇÃO HIERARQUICA” (Fonte: autora). 182
Figura 49 – Gerenciamento de documentos técnicos no Google DOCS, elaborado pelo professor e acessado pelos alunos (Fonte: autora). 183
Figura 50 – Diagrama base para investigação das interdependências entre usos, sistemas funcionais e requisitos de desempenho (Fonte: autora). 184

Figura 51 – Diagrama de interdependências elaborado pelas alunas Carol e Yasmim (Fonte: autora). 186
Figura 52 - Diagrama de interdependências elaborado pelas alunas Carol e Yasmim (Fonte: autora). 186
Figura 53 - Diagrama de interdependências elaborado pelas alunas Carol e Yasmim (Fonte: autora). 187
Figura 54 - Diagrama de interdependências elaborado pelas alunas Carol e Yasmim (Fonte: autora). 187
Figura 55 - Decisões relacionadas à materialidade do edifício elaboradas por Carol e Yasmim, a partir da leitura do Diagrama de Interdependências (Fonte: autora). 188
Figura 56 - Plantas baixas do território "Escritório" evoluídas a partir da decomposição hierárquica, elaboradas pelas alunas Diana e Aghata (Fonte: autora). 191
Figura 57 – Planta baixa do 3º pavimento, com o posicionamento dos sistemas de circulação, sistemas hidráulicos e áreas técnicas, incluindo análise dos horários de insolação nas fachadas, elaborada por Diana e Aghata, no módulo "DECOMPOSIÇÃO HIERÁRQUICA" (Fonte: autora). 192
Figura 58 - Desenvolvimento do território "FLATS" por Carol e Yasmim. À esquerda localização em corte. À direita localização na implantação (Fonte: autora). 192
Figura 59 - Planta baixa do pavimento PAVIMENTO TIPO do território "FLATS" elaborado por Carol e Yasmim, com atenção aos sistemas funcionais do edifício, bem como sua adequação climática (Fonte: autora). 193
Figura 60 – Fluxograma do módulo "ESPAÇO ORIENTADO PELOS EVENTOS" (Fonte: autora). 195
Figura 61 – Exercício "espaços x eventos" (Fonte: autora). 196
Figura 62 – Diagrama explicativo sobre a composição dos espaços a partir dos eventos de forma a se compor uma "linguagem" (Fonte: autora). 197
Figura 63 – Concepção preliminar em planta baixa, elaborada por alunos, dos espaços híbridos do pavimento térreo, incluindo paisagismo. (Fonte: autora). 198
Figura 64 – Concepção preliminar em planta baixa e perspectivas, elaborada por alunos, dos espaços híbridos do pavimento térreo, incluindo paisagismo (Fonte: autora). 199
Figura 65 – Proposta final, elaborada por alunos, dos espaços híbridos do pavimento térreo, incluindo paisagismo. (Fonte: autora). 199
Figura 66 – Proposta final, elaborada por alunos, dos espaços híbridos do pavimento térreo, incluindo paisagismo. (Fonte: autora). 200
Figura 67 – Diagrama apresentado aos alunos com as "funções" da envoltória (Fonte: autora). 201
Figura 68 – Fluxograma aplicado para a concepção da envoltória 202
Figura 69 – Dinâmica da utilização do VASARI em sala de aula (Fonte: autora). 203
Figura 70 – Simulações elaboradas por alunos no software VASARI (Fonte: autora). 204
Figura 71 - Simulações e análises elaboradas por alunos no VASARI (Fonte: autora). 205
Figura 72 - Simulações de radiação solar elaboradas por alunos no VASARI (Fonte: autora). 205
Figura 73 - Composição da envoltória elaborada por alunos após as simulações e análises (Fonte: autora). 206
Figura 74 – Estudos de penetração solar realizada por alunos no Revit. (Fonte: autora). 207
Figura 75 – Mapa conceitual "edifício híbrido" elaborado pelos alunos Karina e Ruan (Fonte: autora). 212
Figura 76 – Mapa conceitual elaborado pelas alunas Camila e Gabriela. (Fonte: autora) 213
Figura 77 – A evolução da forma de Aghata e Diana (Fonte: autora). 217

Figura 78 – Diagrama “organização” de Aghata e Diana (Fonte: autora). 218
Figura 79 – Partido desenvolvido por Aghata e Diana (Fonte: autora)..... 218
Figura 80 - Diretrizes projetuais de Adriana e Valeska – quadra aberta (Fonte: autora). 222
Figura 81 – Partido desenvolvido por Adriana e Valeska no módulo “ORGANIZAÇÃO E PARTIDO” (Fonte: autora). 223
Figura 82 – A implantação de Arthur e Wanderley (Fonte: autora). 224
Figura 83 – A “quadra aberta” de Arthur e Wanderley. Acima maquete desenvolvida na elaboração do partido. Abaixo modelo elaborado pelos alunos no software Revit Architecture (Fonte: autora). 225
Figura 84 – Croquis e Maquete elaborados por Arthur e Wanderley, durante o desenvolvimento do partido, que apresentam a preocupação da dupla com a adequação climática do edifício (Fonte: autora). 226
Figura 85 – Elaboração da “segunda pele” do edifício de Arthur e Wanderley. Acima diagrama que relaciona os materiais de composição de cada fachada. Abaixo a visão da malha metálica a partir do “olhar” do pedestre situado na rua interna do complexo (Fonte: autora). 227
Figura 86 – Investigações sobre a abertura dos furos da malha metálica (Fonte: autora). .. 228
Figura 87 – Croquis, maquete física e virtual desenvolvida por Adriana e Valeska (Fonte: autora). 228
Figura 88 – A proposta de Talita e Diogo. Acima maquete inicial desenvolvida durante a elaboração do partido. Abaixo modelo virtual produzido no software Revit Architecture (Fonte: autora)..... 229
Figura 89 – A envoltória proposta por Talita e Diogo. Corpo da torre “rotacionado” e varandas ajardinadas promovem a dinâmica da fachada e zonas de “amortecimento” de calor 230
Figura 90- A envoltória “permeável” de Aghata e Diana (Fonte: autora)..... 231
Figura 91 – Simulação realizada no VASARI pelas alunas para avaliar a adequação da proposta quanto à ventilação natural (Fonte: autora). 232
Figura 92 – A evolução da concepção projetual de Aghata e Diana (Fonte: autora)..... 236
Figura 93 – Estudo sobre o desempenho do elemento de proteção solar na fachada norte, realizado pelas alunas Aghata e Diana (Fonte: autora)..... 237
Figura 94 – Processo de escolha dos materiais de composição elaborado por Aghata e Diana durante a concepção da envoltória (Fonte: autora). 237
Figura 95 – Evolução da espacialidade interna do território “escritórios” do edifício projetado por Aghata e Diana. Acima: diagramas iniciais das plantas baixas. Abaixo: as plantas baixas com maior definição espacial (Fonte: autora). 238
Figura 96 – Mapa conceitual “edifício híbrido” elaborado por Camila e Gabriela (Fonte: autora). 242
Figura 97- Dinâmica da sala de aula durante o desenvolvimento do partido (Fonte: autora). 243
Figura 98 – Professor orientando dupla. À esquerda: primeiro estudo volumétrico-espacial, à direita: segundo estudo volumétrico-espacial, com maior nível de definição (Fonte: autora). 244
Figura 99 - Dinâmica da sala de aula durante o desenvolvimento do modulo “ORGANIZAÇÃO E PARTIDO” (Fonte: autora)..... 245
Figura 100 – Dupla trabalhando no modelo físico (à esquerda). Dupla trabalhando no modelo virtual (à direita) (Fonte: autora)..... 245
Figura 101 – Aluno investigando a inserção da volumetria no mapa tridimensional. Dupla trabalhando no modelo virtual (à direita) (Fonte: autora). 246

Figura 102 – Professor orientando alunos no modelo virtual (à esquerda). Dupla trabalhando concomitantemente em modelo físico e virtual (à direita) (Fonte: autora). 246
Figura 103 – Aula expositiva ministrada por um dos professores do Ateliê, enfatizando os recursos do Revit Architecture facilitadores do gerenciamento entre forma x área, necessários para a investigação sobre o aproveitamento do terreno (Fonte: autora). 247
Figura 104 – Estudo de insolação no Revit Architecture realizados por alunos durante a investigação da forma (Fonte: autora). 248
Figura 105 – Modelo elaborado por Diana e Aghata no Revit. Acima visualização do modelo na planta do terceiro pavimento. Abaixo visualização do modelo através da "câmera aérea". Um único arquivo com várias "vistas" (Fonte: autora). 249
Figura 106 – Simulações de desempenho elaboradas por Aghata e Diana no modelo digital (Fonte: autora). 250
Figura 107 – Ambiente virtual do VASARI. Acima as barras de tarefa relacionadas à simulação de desempenho (Fonte: autora). 252
Figura 108 – Simulação de ventilação realizada por alunos no software VASARI. (Fonte: autora) 253
Figura 109 – Estudo elaborado através do desenho à mão pelo aluno Wanderley, para estudos referentes ao projeto de paisagismo (Fonte: autora). 255
Figura 110 – Modelo digital final dos elemenros de paisagismo, elaborado pelo aluno Wanderely e Arthur (Fonte: autora). 255

INDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Ementário das disciplinas “Ateliê” do curso de Arquitetura e Urbanismo da UVV. Fonte: Projeto pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo. 140
Tabela 2 – Carga horária docente para a disciplina Ateliê III. 145
Tabela 3 – Questões investigadas na análise das referências..... 155
Tabela 4 – Características investigadas pelos alunos na análise do contexto 159
Tabela 5 - Situações ideais e ações projetuais propostas por grupo de alunos a partir da investigação do contexto..... 167
Tabela 6 – Alguns sistemas construtivos e mecânicos definidos por Carol e Yasmim (Fonte: autora). 189
Tabela 7 – Padrões de eventos desejados e padrões de espaço elaborados por alunos durante o módulo “O ESPAÇO ORIENTADO PELOS EVENTOS”. 197
Tabela 8 – A “linguagem” do espaço elaborado por alunos a partir da escolha Espaço - Eventos. 198

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

Na primeira metade do século XX, no âmbito do pensamento científico, intensifica-se um reconhecimento de que o método analítico já não era mais suficiente para tratar a complexidade que se apresentavam ao mundo.

A partir de uma maior investigação sobre a interligação dos fenômenos, buscava-se a compreensão dos sistemas como um todo indivisível que não poderia ser reconhecido unicamente através da compreensão de suas partes. Passa-se a reconhecer que novas propriedades emergem da interação entre as partes de um sistema, as quais não existiam nas partes, quando analisadas individualmente. O todo passa, então, a ser entendido como algo **distinto** de suas partes, ou seja, uma **unidade** que emerge da relação entre as partes como algo ontologicamente "novo", "adicional" e diferente das peças e suas relações (DUBROVSKY, 2004). O todo, enquanto sistema, ou seja, partes em interação, pode revelar características não apresentadas nas partes isoladas. Ao mesmo tempo, características reveladas nas partes podem ser inibidas pelo todo, uma vez que o próprio sistema impõe coerções sobre o comportamento das partes, de acordo com as relações que se estabelecem entre elas (BERTALANFFY, 2010). Deste modo o todo é reconhecido como algo maior e ao mesmo tempo menor que as soma de suas partes (MORIN, 2007).

A esse modo de investigação, que se preocupa essencialmente com o comportamento dos sistemas, denominou-se "pensamento sistêmico", surgido em grande parte como reação ao reducionismo do pensamento analítico.

Os fundamentos do pensamento sistêmico foram definidos em grande parte pela Teoria Geral dos Sistemas e pela Cibernética que investigaram as características essenciais dos sistemas e formularam conceitos gerais que serviram de base para o que hoje se denomina "abordagem sistêmica", a qual é aplicada em diversos campos disciplinares (ISON ET AL, 1997). O pensamento sistêmico desenvolve-se, portanto, como uma teoria transdisciplinar[1] (JACKSON, 2003; CAPRA, 2006).

[1] O termo "transdisciplinar" foi elaborado por Jean Piaget na década de 70. Em 1994, Edgar Morin, juntamente com Lima de Freitas e Basarab Nicolescu elaborou a "Carta da Transdisciplinaridade" para o Primeiro Congresso Mundial de Transdisciplinaridade, que ocorreu em Portugal. No artigo 3 dessa carta a transdisciplinaridade é

O modo de pensar sistêmico - que pretende compreender o todo a partir das relações estabelecidas entre as partes e não somente através do entendimento das partes isoladamente – traduziu-se para o âmbito do projeto[2] [*design*], através de duas investigações sistêmicas distintas, porém complementares: sobre o processo de projeto e sobre o produto gerado pelo projeto.

Nesse sentido, entende-se que o processo de projeto pode ser descrito como um sistema auto-organizado, no qual se estabelecem relações dinâmicas que envolvem contínuas trocas de informação, laços de retroalimentação e evolução a partir da aprendizagem. O produto gerado pelo projeto, por sua vez, pode ser descrito como um sistema cujo caráter é estabelecido através de sua rede interna de relações e da acomodação e adaptação desse sistema em um determinado contexto.

Pode-se dizer que ambas as investigações estão presentes na pesquisa sobre métodos de projeto, conhecida como "*design methods"*, que se desenvolve a partir de meados do século XX, momento em que a abordagem do pensamento sistêmico atinge sua "maioridade" (ZENG; CHENG, 1991). O desenvolvimento dessa pesquisa, através de sua primeira, segunda e terceira gerações, caminha rumo a um maior reconhecimento sobre a complexidade do processo de concepção e pode-se identificar claramente uma influência advinda da evolução epistemológica que ocorre no âmbito do pensamento sistêmico.

As diferenças estabelecidas entre a Cibernética de Primeira Ordem e a Cibernética de Segunda Ordem, principalmente aquelas relacionadas ao reconhecimento do observador como um elemento que participa ativamente do sistema, possuem uma grande influência na pesquisa relacionada com a metodologia projetual. Essa, que num primeiro momento buscava sistematizar o processo projetual de uma forma racional e objetiva, passa a reconhecer que não se pode excluir a subjetividade do processo. Preocupa-se, então, não somente com o sistema do projeto como algo à parte daquele que o observa, mas também com o projetista,

---

descrita da seguinte forma: "A transdisciplinaridade é complementar à aproximação disciplinar: faz emergir da confrontação das disciplinas dados novos que as articulam entre si; oferece-nos uma visão da natureza e da realidade. A transdisciplinaridade não procura o domínio sobre as várias outras disciplinas, mas a abertura de todas elas àquilo que as atravessa e as ultrapassa" (FREITAS; MORIN; NICOLESCU, 1994)

[2] Vale ressaltar que a palavra "projeto" em português não possui o mesmo sentido que a palavra "project" em inglês. "Projeto" como significado de processo de concepção é traduzido na palavra *design*. Apesar da palavra "design" ter sido absorvida pela língua portuguesa, conforme se pode perceber no dicionário Aurélio (DESIGN= Concepção de um projeto ou modelo; planejamento), para evitar confusões e simplificações do termo "design" ao "design de produto" e "design gráfico" (áreas mais comumente associadas à palavra design, no Brasil), utilizaremos a palavra "projeto" referindo-se ao processo de concepção.

aquele que constrói o sistema e toma decisões. Entende-se, portanto, que a construção do sistema é mediada pelas representações mentais daquele que o constrói e que a evolução da concepção projetual não pode ser descrita de uma forma linear, mas sim através de uma trajetória recursiva e retroalimentada.

Na pesquisa sobre a metodologia projetual é possível ainda destacar três visões distintas, porém complementares, sobre os sistemas de projeto: o sistema orientado por metas, investigado por Simon (1997); o sistema como um processo retroalimentado, através da aprendizagem pelo fazer, investigado por Schon (1983; 2000) e o sistema construído a partir de uma "linguagem de padrões", investigado por Alexander (1976; 1981). Essas três abordagens têm sido correntemente entendidas como distintas, porém uma análise sobre as mesmas pode revelar duas considerações importantes.

Em primeiro lugar percebe-se que as três abordagens se fundamentam a partir de conceitos gerais do pensamento sistêmico, tais como a hierarquia, a emergência, o organismo, a auto-organização, a retroalimentação, a contextualização e a subjetividade. Em segundo lugar é possível ainda identificar uma complementaridade das mesmas na fundamentação de outra abordagem, surgida recentemente, principalmente incentivada pelos desafios que se apresentam ao mundo contemporâneo e pelas novas possibilidades advindas da utilização das mídias digitais. Trata-se do sistema de projeto-baseado-no-desempenho [*performance-based-design*].

No projeto-baseado-no-desempenho, o desempenho é ao mesmo tempo o determinante e o método para a geração do objeto (OXMAN, 2008a). Nesse tipo de abordagem pode-se dizer que o processo de concepção evolui a partir da busca por metas. Essa evolução, por sua vez, ocorre a partir de uma reflexão e interação sobre o conhecimento explícito, construído a partir daquilo que é produzido, possibilitado por uma interação dinâmica com a mídia digital. Assim, o processo de projeto desenvolve-se através de um aprendizado pelo fazer, altamente mediado, elaborado através do circuito recepção (percepção), reflexão (interpretação) e reação (transformação) (OXMAN, 2006). Por sua vez, nesse processo, o objeto do projeto é compreendido como um sistema complexo que pode se organizar através padrões (a linguagem) construídos a favor de determinado desempenho. Através dessa caracterização é possível encontrar nos sistemas de projeto-baseado-no-desempenho, inter-relacionamentos entre as visões de Simon, Schon e Alexander.

Processos de projeto-baseado-no-desempenho surgem no âmbito de uma pesquisa, cuja atenção centra-se não somente no processo de concepção, mas também no tipo de produto que este método gera, bem como seu desempenho diante de determinados requerimentos. Essa atenção ao desempenho do produto interligado ao tipo de método de concepção que o possibilita, é uma preocupação contemporânea dos sistemas de projeto, que reconhecem que tanto o processo de concepção como o produto resultante deste processo é formador de conhecimento. Percebe-se também que essa atenção ao desempenho do produto é incentivada principalmente pelos desafios que se apresentam ao mundo atualmente os quais definem uma maior complexidade ao ato projetual. Por um lado, ampliam-se devastadoramente as disponibilidades tecnológicas e, por outro lado, são cada vez mais extensos os condicionantes do projeto que influenciarão o desempenho.

Pode-se ainda dizer que o próprio conceito de projeto-baseado-no-desempenho se entrelaça ao conceito de projeto orientado para a sustentabilidade, ao se compreender a sustentabilidade como um atendimento a requisitos de desempenho (sociais, econômicos e ambientais) definidos a partir de uma situação-problema, em um determinado espaço-tempo. Essa visão sobre a sustentabilidade, no âmbito do projeto, reconhece a sustentabilidade como parte da mudança paradigmática na maneira de ver e perceber o mundo, que se intensifica no início do século XX, a partir do pensamento sistêmico, na qual o mundo passa a ser compreendido como uma rede de fenômenos interligados e retroalimentados. No âmbito da arquitetura, essa visão contrapõe-se, portanto, à compreensão simplificadora da sustentabilidade, fomentada pelo mercado como simples atendimento à economia de recursos e à eficiência (energética e material).

Entende-se que é exatamente a favor dessa compreensão sistêmica do objeto arquitetônico que o entendimento da sustentabilidade na arquitetura deve ser fundamentado, a fim de alcançar um escopo mais ampliado de investigação, de modo que seja possível produzir não somente edifícios “ecológicos”, mas “cenários sustentáveis”, dos quais o edifício faz parte.

Nesse sentido concorda-se com Montaner (2009) sobre o argumento de que a aplicação da Teoria dos Sistemas na arquitetura significa opor-se ao reducionismo e ao mecanicismo, aproximando-se da ideia de complexidade e de associações em rede. O edifício, assim entendido, não se configura e nem pode ser compreendido como um objeto isolado, mas sim como um componente da complexa estrutura urbana e territorial que deve, portanto, ser

analisado através de sua capacidade de estruturar-se e interagir com este contexto (MONTANER, 2009).

Paralelamente a essa necessidade de se compreender o edifício como um sistema que interage abertamente com o meio em que se insere, ocorrem as investigações relacionadas com o ensino de arquitetura e com a renovação pedagógica do Ateliê de ensino. Esta temática é bastante discutida no Brasil desde a década de 80 e conforme apontado por Rheingantz (2005) há uma necessidade de se produzir uma "pedagogia projetual" sistematizada e fundamentada.

Um dos grandes desafios no ensino de arquitetura está exatamente no estabelecimento de uma didática que permita auxiliar os alunos em processos de síntese dos conteúdos absorvidos (SILVA, 1986) de forma a contribuir para que tenham uma percepção sistêmica diante do ato de projetar. Para Silva (1986) esse processo não pode ser deixado a cargo dos alunos e defende a ideia do "ensino ativo", ao invés da "orientação reativa", como necessária para uma renovação do ensino do projeto arquitetônico. Tradicionalmente, nas escolas de arquitetura, o papel do professor de projeto centrou-se no atendimento personalizado, no qual se estabeleceu uma "orientação corretiva". Essa prática baseada apenas na sugestão de possíveis alternativas é, na opinião de Silva, benéfica, mas insuficiente do ponto de vista didático. Assim, o autor argumenta que a projetação arquitetônica não é "criatividade pura", e sua tarefa envolve a resolução de problemas.

Para esse mesmo autor, a busca da "racionalidade objetiva e explícita deve orientar os esforços em prol da renovação do ensino do projeto arquitetônico", substituindo a "caixa preta", na qual o projeto surge a partir do "talento", "inspiração" ou "intuição", pela "caixa de vidro", em que o projeto é gerado por um método "explícito, codificável e transmissível" (SILVA, 1986, p.28-29).

Nesse processo de renovação, o Ateliê de ensino passa a ser reconhecido como um lugar de compreensão da "lógica" que compõe a disciplina arquitetônica e, nesse sentido, busca-se o fortalecimento da sua perspectiva metodológica e seu caráter argumentativo (LASSANCE, 2007).

Nessa discussão sobre a perspectiva metodológica do ateliê de ensino, insere-se também a questão da abordagem da sustentabilidade na concepção projetual. Sobre essa questão

corrobora-se com Meurer (2001) que o projeto orientado para a sustentabilidade é uma atividade complexa e não pode ser ensinado como um campo separado do próprio projeto. A sustentabilidade, entendida como a adequação social, econômica e ambiental da arquitetura, no espaço e no tempo, não pode ser tratada como algo à parte do próprio ato projetual. Considera-se, portanto, que a abordagem da sustentabilidade no processo de concepção projetual pode ser desenvolvida através da interseção entre as disciplinas correntes e através da interação entre projeto, ciência e tecnologia (MEURER, 2001).

Nesse sentido, corrobora-se também com o argumento de Lara (2009) de que tratar a sustentabilidade no ateliê de ensino de arquitetura pode se revelar como uma oportunidade para unir pesquisa e prática, abraçando o "ethos do atelier para transformá-lo ou aprimorá-lo" (LARA, 2009, p.12). O autor aponta ainda o desafio apresentado pela sustentabilidade na arquitetura como um resgate de seu papel social, em contrapartida a uma crescente abstração no discurso arquitetônico.

Para esta tarefa – abordar a sustentabilidade no ensino de projeto - acredita-se que a abordagem sistêmica aplicada à concepção projetual poderá permitir aos alunos uma maior compreensão de sua complexidade e do desempenho do edifício. Entende-se que métodos de ensino baseados em uma abordagem sistêmica do processo de concepção podem permitir aos alunos uma maior compreensão das relações de interdependência entre as partes do edifício e seu desempenho como um todo, bem como as relações de interdependência entre o edifício e o contexto no qual se insere. Assim, acredita-se que métodos de ensino baseados em uma abordagem sistêmica do processo de concepção podem colaborar com processos de projeto orientados para a sustentabilidade.

O ateliê de ensino assim compreendido – como um lugar de conhecimento sobre a lógica arquitetônica, no qual é possível unir pesquisa e prática - pode ser descrito também como um lugar de "investigação". Para Moisset (2009), o conceito de "investigação projetual" pode ser desdobrado em dois caminhos relacionados: a investigação do próprio método de projeto; e a investigação do projeto como ferramenta para a construção do conhecimento. Ao se considerar essas duas vertentes pertinentes e passíveis de aplicação no ateliê de ensino de projeto, é apresentado, nesta tese, o constructo referente a uma experimentação pedagógica, objetivando contribuir para a didática do ensino da arquitetura.

1.2. Antecedentes e Motivações

A partir de experiências pedagógicas anteriormente vivenciadas pela autora em disciplinas de projeto tornou-se possível um levantamento de questionamentos que impulsionaram as investigações realizadas nesse trabalho.

Quando a autora assumiu a gerência da disciplina "Ateliê Integrado de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo III" na Universidade Vila Velha, recebeu, de acordo com a ementa que lhe foi apresentada, a tarefa de trabalhar com alunos do quinto período o programa de um edifício vertical multifuncional. Os alunos ingressantes na disciplina já haviam cursado dois Ateliês anteriores: o Ateliê I, cujo contexto programático se referia à habitação, e o Ateliê II, cujo contexto programático se referia à instituição escolar. Em ambos os Ateliês, os alunos não haviam ainda utilizado o recurso da ferramenta digital e os projetos eram realizados utilizando as ferramentas de desenho manual e modelagem de maquete física. A justificativa para essa abordagem, de acordo com conversas informais mantidas com professores dos ateliês anteriores, era baseada no fato de que os alunos ainda não haviam cursado a disciplina "computação gráfica" e, portanto, não dispunham de um conhecimento instrumental de ferramentas gráficas digitais.

Diante do panorama apresentado a autora viu-se posicionada na árdua tarefa de "iniciar" os alunos em um processo de várias "primeiras vezes": a primeira vez a trabalhar com elementos que compõem um edifício vertical, com especial atenção aos mecanismos e à espacialidade próprios de um edifício vertical e multifuncional e que o confere uma grande complexidade projetual; a primeira vez a utilizar o recurso da ferramenta digital na concepção e representação do edifício.

Uma primeira abordagem realizada pela autora no ensino da disciplina seguiu uma prática "tradicional" de projeto, que evoluía através de uma sequência muito comum na prática profissional dos arquitetos, desenvolvida através das etapas "coleta de dados" "análise do entorno", "estudo preliminar" e "anteprojeto". As ferramentas de concepção e representação utilizadas eram a modelagem física, o desenho à mão, e os softwares *Autocad* da Autodesk e *Sketchup* do Google.

A disciplina se desenvolvia basicamente em três etapas: a primeira destinada ao reconhecimento do contexto no qual o edifício seria inserido (natural e urbano), a segunda

destinada ao desenvolvimento do estudo preliminar e a terceira destinada à evolução do estudo preliminar para a um "quase" anteprojeto[3].

Durante o desenvolvimento da etapa "estudo preliminar", utilizava-se extensivamente o recurso da modelagem física do edifício em sala de aula, procurando incentivar o aluno a estabelecer um olhar crítico com relação à forma arquitetônica e sua inserção no contexto existente, bem como à espacialidade gerada por essa forma. O estudo preliminar era desenvolvido basicamente através da modelagem física e da modelagem virtual no *Sketchup*, e os desenhos bidimensionais, tais como as plantas baixas, os cortes e as fachadas, ainda esquemáticos, eram elaborados através do desenho manual ou no *Autocad*, conforme a habilidade do aluno com relação à ferramenta digital. Vale ressaltar que, nessa época, os alunos que recebíamos já haviam cursado a disciplina "Computação gráfica", na qual haviam aprendido a utilizar o software *Autocad* da Autodesk.

A partir da entrega e apresentação do estudo preliminar, seguia-se o desenvolvimento do anteprojeto, no qual os requerimentos deveriam ser atendidos com maior nível de precisão e os desenhos deveriam possuir um maior nível de clareza quanto à solução proposta. O projeto era então totalmente "digitalizado" e organizado através de desenhos bidimensionais tais como plantas baixas, cortes e fachadas, e para esta tarefa, utilizava-se extensivamente o software *Autocad*.

Essa abordagem pedagógica resultou em situações frustrantes que indicava a ineficácia do método de ensino aplicado, principalmente revelado pelos seguintes episódios: a etapa "coleta de dados e análise do entorno" procurava reconhecer o cenário existente, mas os alunos tinham enorme dificuldade em utilizar esses dados na concepção do edifício. A etapa "estudo preliminar", por sua vez, configurava-se como uma síntese na qual toda a análise elaborada anteriormente, bem como diversas informações de ordem funcional de um edifício vertical, principalmente relacionadas aos seus mecanismos (elevadores, saídas de emergências, equipamentos mecanismos, etc.), deveriam ser levadas em consideração, tanto para a concepção forma, como para a concepção espacial do edifício. Apesar disso, após inúmeras orientações individuais e mesmo com a exploração da maquete física, percebia-se que na apresentação do estudo preliminar, o qual evoluiria para um "quase" anteprojeto, as

[3] Os alunos não chegavam a desenvolver um anteprojeto completo, tratava-se de um estudo preliminar "aprimorado", com mais informações.

informações não eram adequadamente aplicadas e os alunos tinham uma enorme dificuldade em **gerenciar e acomodar uma grande quantidade de informações recebidas,** relacionadas aos requerimentos de um edifício vertical e seu desempenho. O resultado geral era insatisfatório, e, por diversas vezes, o estudo preliminar de certos alunos era totalmente "refeito", o que os deixava frustrados e inseguros quanto à sua própria capacidade de aprender a projetar.

Outra questão também ineficaz referia-se à "migração", durante a evolução do estudo preliminar para o anteprojeto, de um modelo tridimensional elaborado manualmente ou no software *Sketchup* para modelos bidimensionais desenvolvidos no *Autocad*. No desenvolvimento dos desenhos bidimensionais no *Autocad*, elaborados a partir de um estudo tridimensional prévio, muitas eram as alterações necessárias na configuração da espacialidade interna, para acomodar os requerimentos funcionais e mecânicos do edifício, principalmente relacionados às suas dimensões, circulações, saídas de emergência, adequação das garagens verticais, entre outros. Nesse processo, percebia-se nitidamente que muitas alterações eram desenvolvidas nas plantas baixas sem que os alunos pudessem compreender que tipos de transformações estavam sendo determinadas na forma, na implantação e na espacialidade inicialmente idealizadas, bem como no desempenho do edifício como um todo. Não havia uma conexão direta, no processo de desenvolvimento do projeto, entre as definições da espacialidade interna, da forma, da implantação e do desempenho do edifício. Algumas vezes, o projeto resultante se tornava extremamente diferente da concepção inicial desejada pelo aluno, o que também os deixava muito frustrados quanto ao desempenho final alcançado. Os alunos constantemente reclamavam que era extremamente difícil manter suas ideias iniciais do partido, diante de tantos requerimentos impostos pelo programa de um edifício vertical e multifuncional.

Uma situação também muito comum era a dos alunos "enamorados" pela forma. Tratava-se de alunos que, presos a uma definição formal extremamente abstrata e descontextualizada, não conseguiam desenvolver o projeto e ignoravam aspectos importantes relacionados ao funcionamento do edifício e à sua adaptação a um contexto existente. As justificativas do partido eram frágeis, muitas vezes atreladas a um esteticismo formal pouco fundamentado.

Percebia-se também que um grande número de informações era ministrado aos alunos e que esses precisavam estabelecer as conexões entre as informações obtidas e sua influência no

processo de concepção, bem como no desempenho do edifício. Os alunos tinham enorme dificuldade em tratar a complexidade projetual de um edifício de múltiplos andares e múltiplas funções e em absorver um grande número de informações, bem como relacionar estas informações com o desempenho global do edifício.

Diante dessa experiência vivenciada, houve uma grande necessidade de buscar respostas que pudessem colaborar para a construção de um método de ensino que permitisse ao aluno uma compreensão sistêmica do edifício e de seu processo de concepção.

Buscava-se, através de uma fundamentação teórica, estabelecer interfaces entre pensamento sistêmico, metodologia projetual e sustentabilidade, cujo produto pudesse colaborar para uma reformulação da metodologia de ensino praticada. Desejava-se que os alunos pudessem compreender **durante** o processo de projeto, relações importantes estabelecidas entre a concepção do edifício, seu desempenho (funcional, social, ambiental) e a adaptação deste edifício ao contexto no qual se inseria. Procurava-se estabelecer um método de ensino que levasse os alunos a um processo de reflexão não somente individual, mas em grupo ou com os professores, sobre a própria síntese que produziam.

Procurava-se também por uma interface digital que possibilitasse uma maior conexão entre a concepção inicialmente desenvolvida pelos alunos e a evolução da concepção projetual a partir da entrada de novas informações. Desejava-se principalmente proporcionar uma integração entre a concepção espacial e a concepção formal do edifício, bem como a análise do desempenho ambiental, de modo que as análises pudessem retroalimentar o processo de concepção.

A questão que se colocava centrava-se, portanto, **na abordagem da complexidade do edifício e de seu processo de concepção, vinculados à análise de desempenho do edifício, no processo de ensino de projeto de arquitetura, especificamente elaborado para alunos de quinto período.** Buscava-se um método que pudesse contribuir para a abordagem da complexidade projetual, de forma que os alunos pudessem entender, em determinados "momentos" da evolução do projeto, as relações estabelecidas entre as escolhas formais e espaciais e o desempenho do edifício como um todo.

Diante desse quadro e a partir do corpo teórico desta tese, procurou-se investigar um método de ensino que pudesse permitir ao aluno uma maior compreensão sistêmica do edifício e uma

maior reflexão sobre aquilo que é concebido, incentivando processos reflexivos de "conhecer-na-ação" e "refletir-na-ação" (SCHON, 1983; 2000). Interessava, portanto a exploração de métodos de ensino de projeto que **reforçassem o papel do próprio processo enquanto formador de conhecimento.**

Uma nova abordagem de ensino foi então desenvolvida e encontra-se relatada no capítulo 5 dessa tese. O desenvolvimento dessa nova abordagem, elaborada para o ensino da disciplina "Ateliê de Projeto Integrado da Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo III" da Universidade Vila Velha, foi possibilitado por dois fatos importantes: em primeiro lugar, a nova abordagem fundamentou-se na investigação teórica realizada no âmbito desta tese, que procurou investigar as interfaces entre o pensamento sistêmico, a metodologia projetual e a sustentabilidade; em segundo lugar, a introdução do software BIM (no caso o *Revit Architecture*, da *Autodesk*) no ensino da disciplina "computação gráfica" - disciplina que antecede as atividades do ateliê em questão - colaborou enormemente para a nova abordagem.

1.3. Objetivos e Hipóteses

O **primeiro objetivo** da presente tese centra-se na tarefa de **estabelecer interfaces entre o pensamento sistêmico e a metodologia do projeto, a fim de construir um entendimento mais ampliado do objeto da arquitetura, no âmbito do conceito "sustentabilidade".** Objetivou-se elaborar essa construção a partir da compreensão sistêmica do edifício e de seu processo de concepção, procurando por uma analogia de ambos ao conceito de "organismo".

O segundo objetivo dessa tese centra-se na tarefa **de compreender como essa interface pode se revelar no âmbito do ensino de arquitetura** de forma a contribuir para que alunos de arquitetura possam construir um entendimento sistêmico do objeto arquitetônico e de seu desempenho**.** Reconhecendo que o ateliê de ensino de arquitetura pode ser compreendido como um lugar para a compreensão da "lógica" da arquitetura (LASSANCE, 2007) e também como um lugar para a "investigação" projetual (MOISSET, 2009), realiza-se uma investigação a partir de uma experiência pedagógica, na qual se pretende explorar um método de ensino fundamentado nos elementos teorizados no corpo desta tese.

A partir dessas considerações, assumimos as seguintes hipóteses:

- Uma possível abordagem sistêmica, tanto do edifício quanto de seu processo de concepção, pode ser construída através de uma interface estabelecida entre conceitos gerais do pensamento sistêmico - hierarquia, emergência, auto-organização, retroalimentação, subjetividade e contexto – e os métodos de projeto.
- Uma abordagem sistêmica na arquitetura pode ser construída a partir de uma "analogia orgânica" centrada em duas questões complementares: a investigação da relação do edifício com o contexto, que o compreende como um sistema que se insere em outro sistema e, portanto, é sujeito a trocas e interações; a investigação do edifício como um sistema hierárquico composto por subsistemas inter-relacionados, cuja organização contribui para o atendimento de determinadas metas de desempenho e para sua adaptação a esse contexto, para o qual são definidas as metas. Por sua vez, essa analogia orgânica pode colaborar com projetos orientados para a sustentabilidade, ao se compreender a sustentabilidade, como a adequação (social, ambiental e econômica) do edifício em uma determinada situação-problema e em um determinado espaço-tempo.
- A partir dessa analogia orgânica do edifício e de seu processo de concepção é possível elaborar uma "pedagogia projetual" (RHEINGANTZ, 2005) que colabora para que alunos de arquitetura possam construir uma compreensão sistêmica do edifício e desenvolver processos de concepção baseados no desempenho.
- As ferramentas digitais, principalmente aquelas baseadas na modelagem paramétrica, colaboram para que os alunos tenham uma compreensão do edifício e de seu desempenho.

1.4. Método e Estrutura

O método utilizado na construção desse trabalho é constituído de três grupos bem definidos: **a fundamentação teórica**; a **experimentação** de uma construção metodológica no ensino de projeto baseado na fundamentação teórica elaborada; e a **investigação** realizada sobre a experimentação.

1.4.1. Fundamentação Teórica

A primeira parte desse trabalho constitui-se na **fundamentação teórica**, composta pelos Capítulos 2, 3 e 4, que tratam de discorrer sobre a interface existente entre os três temas de interesse: pensamento sistêmico, metodologia projetual e sustentabilidade.

No Capítulo 2 procurou-se sintetizar os principais conceitos que caracterizam o pensamento sistêmico, no qual se destacam as diferenças epistemológicas estabelecidas entre o pensamento analítico e o pensamento sistêmico, a partir das transformações ocorridas no pensamento científico no último século. Objetivou-se construir, através desse capítulo, um entendimento sobre a abordagem sistêmica a partir de seus princípios gerais para, posteriormente, investigar a implicação desses na concepção projetual e na resolução de problemas de projeto.

No Capítulo 3 procurou-se compreender como os elementos do pensamento sistêmico revelam-se na pesquisa relacionada com a metodologia projetual, conhecida como *Design Methods* através da investigação de três construções teóricas distintas, porém complementares: (i) o entendimento do projeto como um sistema de resolução de problemas e que procura por metas [*goal-seeking*], proposto por Simon (1969); (ii) a teoria sobre o profissional reflexivo e a construção do conhecimento a partir da aprendizagem pelo fazer, proposta por Schon (1983; 2000); (iii) a teoria sobre a "linguagem dos padrões" proposta por Alexander (1976; 1981). A partir dessas três abordagens procurou-se ainda analisar como elas se inter-relacionam e complementam-se na caracterização do que se denomina atualmente de projeto-baseado-no-desempenho: uma teoria contemporânea sobre a metodologia do projeto, fortemente relacionada com as tecnologias digitais, que surge a partir dos novos desafios apresentados no âmbito do projeto, cuja abordagem centra-se no desempenho [*performance*].

A partir da fundamentação teórica elaborada nos Capítulo 2 e 3 tornou-se possível compreender de que forma cada autor constrói seu próprio entendimento sistêmico do processo projetual. Nessa construção foi possível também compreender de que forma a própria evolução do pensamento sistêmico influencia a evolução das pesquisas em *design methods.* O sistema, que antes era visto como algo externo daquele que o observa, passa a ser visto como um "sistema social" do qual participa o observador. O sistema de projeto por sua vez somente pode existir a partir de uma contextualização que inclui o observador e suas premissas.

É a partir dessa "visão de mundo" que no Capítulo 4 procurou-se rever conceitos relacionados à compreensão do termo "sustentabilidade". Ao se compreender a sustentabilidade como um atendimento a requisitos de desempenho, sejam sociais, econômicos ou ambientais, em uma

determinada situação-problema, entende-se que as construções teóricas sobre métodos de projeto, investigadas no Capítulo 3 revelam-se como abordagens esclarecedoras para projetos orientados para a sustentabilidade. Pode-se dizer que o próprio conceito de projeto-baseado-no-desempenho entrelaça-se ao conceito de projeto orientado para a sustentabilidade. Assim, no Capítulo 4 procurou-se compreender como esse tema é absorvido pelo pensamento em projeto (design thinking) e mais especificamente pelo processo de projeto de arquitetura. A partir dessa revisão procurou-se, ao fim desse capítulo, elaborar uma **construção teórica**, denominada "compreendendo o edifício como organismo", onde se objetivou construir, a partir dos conceitos investigados e inter-relacionados até então, uma compreensão sistêmica do edifício sob a ótica da sustentabilidade, aproximando-se o conceito de edifício ao conceito de **organismo**. Nesta construção procurou-se compreender de que maneira a absorção dos conceitos fundamentais do pensamento sistêmico colaboram para um entendimento mais ampliado do edifício e de seu processo de concepção, tendo em vista o alcance de determinadas metas de desempenho.

1.4.2. Experimentação.

A partir da fundamentação teórica realizada nos Capítulos 2, 3 e 4, bem como a construção teórica desenvolvida no item 4.5 desse trabalho, intitulada "compreendendo o edifício como organismo", procurou-se desenvolver a experimentação de uma construção metodológica destinada ao ensino de arquitetura baseada nos conceitos investigados na fundamentação teórica.

O objetivo da experimentação não está centrado na tarefa de validar e defender um método de ensino, mas possibilitar a investigação sobre a aplicabilidade dos conceitos aqui investigados na tarefa de "ensinar projeto". Tomando como base o plano de aula estabelecido, procurou-se investigar de que forma os conceitos aqui explanados, quando utilizados em sala de aula, através das técnicas de ensino e ferramentas, possibilitaram aos alunos uma maior compreensão sistêmica do edifício **durante** o processo de concepção. A filosofia que fundamentou a construção metodológica do plano de ensino centrou-se na crença de que o próprio processo de concepção do projeto é formador de conhecimento (SCHON, 1983; 2000) e objetivou-se, portanto investigar de que modo o processo e o entendimento sobre o processo permite a construção do conhecimento por parte dos alunos.

Procurou-se investigar técnicas e instrumentos diversos, para posteriormente analisar de que forma os instrumentos utilizados colaboraram para uma compreensão sistêmica do edifício.

O Capítulo 5, portanto, apresenta o relato da experimentação do plano de ensino construído, detalhando-se suas etapas, ferramentas e produtos.

1.4.3. Investigação

A partir do relato elaborado, o Capítulo 6 discorre sobre os resultados e produtos obtidos, procurando-se compreender de que forma os conceitos do pensamento sistêmico (sistema, hierarquia, emergência, organismo, auto-organização, retroalimentação, subjetividade e contexto) revelaram-se nos episódios ocorridos em sala de aula, relacionados com a concepção projetual e a compreensão sobre o que é produzido. Procurou-se investigar de que forma tais conceitos, quando utilizados como fundamentos na construção do plano de ensino, podem auxiliar alunos a uma maior compreensão do processo do projeto e de seu produto.

Analisou-se também sobre a contribuição das ferramentas utilizadas no experimento pedagógico para o desenvolvimento da compreensão sistêmico do edifício.

A participação da autora como gerente da disciplina possibilitou o acompanhamento diário da evolução conceptiva pelos alunos e a análise dos seguintes materiais produzidos:

- **Registros em sala de aula:** fotografias e anotações realizadas em sala de aula.
- **Caderno de memórias:** diário do projeto elaborado pelas duplas de projeto, onde os alunos devem registrar sua evolução do projeto, principalmente sobre a forma de pensar, croquis, ideias, entre outros.
- **Apresentações gráficas:** material gráfico produzido pelos alunos.
- **Blog individual do projeto:** blog publicado na WEB, contendo o memorial justificativo e evolutivo do projeto confeccionado pelas duplas de projeto.
- **Arquivos digitais:** Acompanhamento digital da evolução do projeto realizada através do gerenciador de arquivos on-line “Google DOCS”, onde cada dupla de projeto compartilha com os professores seus arquivos digitais em determinados momentos da evolução do projeto.

- **Questionário de avaliação da disciplina respondido pelos alunos no final do semestre:** questionário contendo perguntas sobre a aceitação do aluno sobre o método e as ferramentas utilizadas[4].

[4] Este questionário consta nos anexos desse trabalho.

CAPÍTULO 2

A abordagem sistêmica

2. A ABORDAGEM SISTÊMICA

Procura-se discorrer neste capítulo sobre os princípios do pensamento sistêmico de modo a explicitar suas diferenças epistemológicas em relação ao pensamento analítico. Objetiva-se posteriormente investigar como esses princípios influenciam na prática da concepção arquitetônica e no atendimento aos requisitos da sustentabilidade, bem como colaboram para uma abordagem sistêmica aplicada ao ensino de arquitetura. Para tanto, considera-se que o edifício, bem como o seu processo de projeto, constitui-se como elementos sistêmicos.

Este capítulo apresenta um panorama das transformações epistemológicas ocorridas no pensamento científico no último século, objetivando uma posterior investigação das implicações dessas transformações na concepção projetual e na resolução de problemas de projeto, assunto que será abordado no capítulo 3 dessa tese.

2.1. O Pensamento analítico

A visão de mundo e o sistema de valores que estão na base de nossa cultura foram formulados nos séculos XVI e XVII, momento em que ocorreu uma grande mudança na maneira como as pessoas descreviam o mundo. Tal visão surgiu a partir das revoluções da física e da astronomia, nas realizações de Copérnico, Galileu e Newton[5]. "A ciência do século XVII baseou-se num novo método de investigação, defendido vigorosamente por Francis Bacon, o qual envolvia a descrição matemática da natureza e o método analítico de raciocínio concebido pelo gênio Descartes" (CAPRA, 1997, p. 50).

Francis Bacon, filósofo inglês, precursor da filosofia empírico-positivista, propôs o **método indutivo** como maneira de estudar os fenômenos naturais. Tal método propunha que, para chegarmos à verdadeira compreensão dos fenômenos, precisamos da **observação da natureza e da experimentação**, guiados pelo raciocínio indutivo. Pensar indutivamente refere-se a uma descrição pormenorizada dos fatos observados e à tabulação para o registro

---

[5] Galileu defendia a abordagem empírica e o uso da matemática para a descrição da natureza, características presentes nas teorias científicas até hoje. Para Galileu, era fundamental concentrar-se na análise das propriedades quantificáveis da matéria como forma, quantidade e movimento. Propriedades como som, cor, sabor ou cheiro eram projeções subjetivas e deviam ser ignoradas. (CAPRA, 1997)

das observações feitas: ocorrências, ausências e variações de intensidade do fenômeno (VASCONCELLOS, 2002).

A revolução científica que substituiu a visão orgânica da natureza pela metáfora do mundo com a máquina foi de fundamental importância para o desenvolvimento da civilização ocidental. Tal mudança foi completada por duas figuras importantes do século XVII: Descartes e Newton.

É neste momento que acontece a separação entre a filosofia e a ciência, motivada pela matematização da ciência. Descartes enfatizava que o método da filosofia seria o da especulação, ou o método reflexivo, enquanto a ciência (empírico-positivista) seria a experimentação ou o método matemático. Segundo Descartes, para alcançar um conhecimento certo e fundado, era preciso livrar-se de ideias pré-concebidas, e assim estabelece como método de raciocínio, a dúvida. Duvidando de tudo a certeza surgirá ao lado da dúvida. O critério da verdade se encontrará na razão mesma, e é por essa afirmativa que Descartes é chamado de pai do racionalismo (VASCONCELLOS, 2002).

A crença cartesiana baseou-se na verdade absoluta e acreditava que para a ciência não haveria dúvidas: todo conhecimento deveria ser certo e evidente. Essa crença, conhecida como cientificismo, tornou-se típica no mundo ocidental. (CAPRA, 1997)

Em “Discurso do método”, Descartes objetivou descrever um método para chegar ao que nomeou “verdade científica”. Descartes propôs o **método analítico**, que consiste em **decompor um problema em partes e dispô-las em sua ordem lógica**. Esse pensamento analítico tornou-se característica essencial do pensamento científico moderno, que contribuiu para grandes avanços tecnológicos.

No método analítico, o foco para a solução de um problema ou para o entendimento de um sistema está na compreensão das partes. Cada parte (componente de um problema ou sistema) é isolada de seu contexto/ambiente (o próprio sistema) e analisada. A partir da análise das partes, conclusões são inferidas com relação ao todo (o problema/sistema) (HJORTH; BAGHERI, 2006; JACKSON, 2003).

Uma das maiores consequências da visão analítico-reducionista do conhecimento foi a fragmentação disciplinar acadêmica. A ciência moderna é caracterizada por uma grande

especialização do saber, que permite um conhecimento aprofundado das partes que compõem o universo. Essa especialização do saber contribuiu enormemente para os avanços tecnológicos e científicos, mas ao mesmo tempo corroborou para o desconhecimento das interligações entre os fenômenos e os fatos e para a dificuldade de se tratar os problemas complexos.

O problema encontrado no estudo das partes isoladamente é que muitas vezes o "todo" toma uma forma que não é reconhecida apenas pelo simples exame das partes. O todo emerge a partir da interação entre as partes, que se afetam mutuamente em uma rede complexa de inter-relações. Tais relações não podem ser conhecidas a partir do estudo isolados das partes (JACKSON, 2003). Problemas complexos, para os quais é necessário entender como a organização das partes afeta o desempenho do todo, não podem ser solucionados por métodos analíticos.

Segundo CAPRA (1997), essa ênfase demasiada ao método analítico levou à fragmentação excessiva das disciplinas acadêmicas e a uma atitude reducionista na ciência: a crença de que todos os fenômenos complexos podem ser reduzidos em partes para serem compreendidos. Para esse autor, o conhecimento científico baseado na visão fragmentada é frequentemente considerado a única forma aceitável de conhecimento. Essa atitude, conhecida como cientificismo, é muito difundida no sistema educacional e em outras instituições sociais e políticas (CAPRA, 1997).

> "A visão cartesiana mecanicista do mundo tem exercido uma influência poderosa sobre todas as nossas ciências e, em geral, sobre a forma de pensamento ocidental. O método de reduzir fenômenos complexos a seus componentes básicos e de procurar os mecanismos através dos quais esses componentes interagem tornou-se tão profundamente enraizado em nossa cultura que tem sido amiúde identificado como o **método científico.** " (CAPRA, 1997, p. 226, grifo do autor).

Para o pensamento analítico o universo é ordenado. Encontrar algo aparentemente complexo significa que o conhecimento é ínfimo, sendo necessário simplificar a complexidade para compreendê-la (MORIN, 1994 in PENA-VEGA; NASCIMENTO, 2010). Assim, o pensamento analítico procura simplificar o que é complexo.

Nessa ótica, o mundo é concebido como ordenado, onde prevalece a repetição, a constância, e as relações entre as variáveis podem ser descritas por meio de leis e princípios. O estabelecimento das relações funcionais exige que o cientista estude tais fenômenos em

laboratórios, **longe de seus contextos**, de forma que o cientista pode variar os fatores um de cada vez, exercendo certo controle sobre as variáveis. Assim, o cientista prepara o conhecimento do fenômeno que observará, confirmando ou não sua hipótese. Desse modo, o cientista "prioriza a consideração dos fatos, garantindo objetividade para suas afirmações [...] o que corrige possíveis delírios lógicos e fornece um conhecimento testado. " (VASCONCELLOS, 2002, p. 84).

Para simplificar o que é complexo o pensamento analítico assume uma **atitude fragmentadora e reducionista**. Separa em partes o todo complexo e, a partir dessa separação, estabelece categorias para proceder à classificação.

> "Este princípio de separação estava de alguma forma confirmado, no desenvolvimento das ciências, pela separação das disciplinas umas em relação às outras. Era inteiramente legítimo circunscrever um domínio disciplinar para fazer progredir o conhecimento sem levar em conta as interferências. De resto, a própria ideia de experimentação significa separar. Tiro um corpo do seu meio natural, separo-o, coloco-o num meio artificial que controlo e sobre o qual faço variar um certo número de determinações, e que, me permitem conhecê-lo..." (MORIN, 1994 in PENA-VEGA; NASCIMENTO, 2010, p.22).

A partir da separação em partes, o pensamento analítico procura compreender o todo, a partir da compreensão das propriedades das partes extraídas dele (JACKSON, 2003; CAPRA, 2006).

A relação de **causalidade** entre os fenômenos é descrita por um **processo linear e unidirecional**, através de uma relação causa-e-efeito: um fenômeno observado (Y) corresponde a uma causa (X) e tem efeitos (Z).

Essa visão assume que **os problemas são bem delimitados, claramente definidos e relativamente simples** (HJORTH; BAGHERI, 2006). Tais problemas por sua vez podem ser compreendidos através da decomposição em partes e do estudo de causa-e-efeito entre as partes.

Para o pensamento analítico, o conhecimento científico está baseado na experiência, na **observação e na razão**. O conhecimento adquirido sob estas condições é caracterizado como verdadeiro, objetivo e racional e exclui o observador do que é observado (MORIN, 1994 in PENA-VEGA; NASCIMENTO, 2010).

Esse pressuposto baseia-se na crença de que é possível conhecer objetivamente o mundo. Toda subjetividade deve ser eliminada para se atingir a versão única do conhecimento. Para

alcançar a objetividade deve-se eliminar toda e qualquer interferência do observador, assumindo um ponto de observação exterior ao mundo. Essa crença baseia-se no fato de que existe uma realidade independente do observador que a descreve. O observador deve atingir a representação da realidade: o cientista "descobre" a realidade que já existe (VASCONCELLOS, 2002).

2.2. O pensamento sistêmico

O pensamento sistêmico surge como uma teoria transdisciplinar na primeira metade do século XX, em grande parte como reação ao reducionismo do método científico tradicional (analítico) e à falência deste para tratar a complexidade encontrada nos domínios biológicos e sociais (JACKSON, 2003; CAPRA, 2006).

O início da física moderna, marcada pela exploração do mundo atômico e pelas descobertas de Albert Einstein - com a proposição da teoria da relatividade e a contribuição na teoria quântica – colocou a ciência em contato com uma nova visão da realidade. "A nova física exigia profundas mudanças nos conceitos de espaço, tempo, matéria, objeto, causa e efeito; como esses efeitos são fundamentais para o nosso modo de vivenciar o mundo, sua transformação causou um grande choque" (CAPRA, 1997, p. 72).

Vasconcellos (2002) ressalta que, apesar da grande dificuldade das ciências biológicas e sociais de lidar com o pressuposto da simplicidade preconizada pelas ciências físicas, foi a própria física que "descobriu" a complexidade ao lidar com os átomos (microfísica) e os astros (macrofísica), reconhecendo, assim, que a complexidade não é uma propriedade específica dos fenômenos biológicos e sociais. A teoria quântica identifica que, no nível subatômico, as partículas não têm significado enquanto entidades isoladas e somente podem ser entendidas como interconexões ou inter-relações (CAPRA, 2006).

Para Capra (1997), a visão de mundo que surge a partir da física moderna caracteriza-se por palavras como orgânica, holística e ecológica. Pode ser também denominada visão sistemática, na qual o universo deixa de ser reconhecido por uma infinidade de objetos separados para "ser descrito como um todo dinâmico, indivisível, cujas partes estão essencialmente inter-relacionadas" (CAPRA, 1997, p. 72).

> "A nova visão da realidade, de que vimos falando, baseia-se na consciência do estado de inter-relação e interdependência essencial de todos os fenômenos – físicos,

> biológicos, psicológicos, sociais e culturais. Essa visão transcende as atuais fronteiras disciplinares e conceituais e será explorada no âmbito de novas instituições." (CAPRA, 1997, p. 259).

Esta mudança de foco das partes para o todo, em diversas disciplinas, que se intensifica em meados do século XX, é caracterizada por diversos autores como uma mudança paradigmática da ciência (BERTALANFFY, 2010; CAPRA, 1997, 2005, 2006; MORIN, 2007; JACKSON, 2003; SIMON, 1996) cujo método de investigação migra de uma abordagem fragmentada para uma abordagem sistêmica, que procura investigar as propriedades dos sistemas. Essa abordagem é denominada **pensamento sistêmico**.

O pensamento sistêmico tem como objetivo, portanto, compreender o comportamento dos sistemas, fenômenos complexos que não podem ser compreendidos unicamente sob a ótica do pensamento analítico, através da separação em partes. Uma abordagem sistêmica considera que, em um sistema complexo, relações mútuas existentes entre as partes não ocorrem nas partes isoladamente (SIMON, 1996; CAPRA, 2006). "Propriedades essenciais de um organismo [...] são propriedades do todo que nenhuma das partes possui. Elas surgem das interações e das relações entre as partes. Essas propriedades são destruídas quando o todo é dissecado, física ou teoricamente em elementos isolados. " (CAPRA, 2006, p.40). A noção de **sistema**, portanto, está vinculada à noção de **unidade**, ou seja, uma totalidade integrada que não pode ser separada em partes para ser compreendida.

No século XX, foi primeiramente na biologia que a abordagem sistêmica se estabeleceu. Entre as décadas de 20 e 30, há um reconhecimento na biologia de que organismos eram mais do que a soma de suas partes e de que **propriedades emergentes** só eram percebidas quando do relacionamento das partes entre si. Também há um reconhecimento de que a natureza é composta por **sistemas hierárquicos** (moléculas, organelas, células, órgãos, organismos) e de que em certos pontos dessa hierarquia, em níveis de certa complexidade organizada**,** propriedades emergentes eram demonstradas, as quais não existiam em níveis hierárquicos mais baixos (JACKSON, 2003). O organismo, portanto, não poderia ser reduzido às suas partes para ser compreendido.

A biologia reconhece também que o organismo possui uma clara fronteira entre si e o ambiente, demonstrando, como uma das principais propriedades emergentes, a **autonomia.** O organismo realiza constantes trocas com o ambiente nessas fronteiras e é capaz de sofrer

transformações internas para se **adaptar** ao ambiente. Assim, o organismo é **autorregulador** (JACKSON, 2003).

É a partir destas constatações que, na década de 50, Ludwig von Bertalanffy publica a "*Teoria geral dos sistemas"* (BERTALANFFY, 2010). Bertalanffy, reconhecendo o organismo como uma complexidade organizada que não poderia ser estudado através da separação em partes, estabelece a abordagem sistêmica como um método. Reconhecendo a dificuldade de aplicação das leis científicas estabelecidas pela física na biologia e na sociedade, aponta para a necessidade de estabelecer **novas categorias de pensamento científico**, mais amplas, que pudessem estabelecer uma **interdisciplinaridade**. Ao estudar os fenômenos biológicos e suas diferenças em relação aos fenômenos físicos, se propôs a identificar os princípios gerais do funcionamento de todos os sistemas.

A teoria dos sistemas aborda o estudo de como entidades complexas interagem abertamente em seus ambientes e evoluem continuamente através da aquisição de novas propriedades. Ao invés de reduzir uma entidade em partes isoladas para compreendê-la, a teoria dos sistemas se preocupa com as relações estabelecidas entre as partes, que, unidas, configuram o todo.

A abordagem sistêmica também teve uma grande influência na **engenharia do controle**, principalmente a partir dos estudos de Norbert Wiener, fundador da **Cibernética**[6], na década de 50. A cibernética trata de compreender as leis que governavam processos de controle, independente da natureza do sistema. Assim, a aplicação da cibernética se estende a diferentes disciplinas (JACKSON, 2003).

A cibernética, assim como a biologia, estava preocupada com os **padrões de organização** e com a compreensão dos processos de **mensagem, controle e realimentação** existentes em tais padrões (CAPRA, 2006).

A partir da formulação de teorias gerais para entendimento de sistemas complexos, diversos são os desdobramentos cujas teorias se apresentam de forma aplicada em áreas distintas do conhecimento. Ison et al. (1997) apresentam um diagrama de influência representando

[6] Ciência do controle e comunicação, nos animais e nas máquinas.

diferentes desdobramentos da abordagem sistêmica em diversos campos disciplinares, nomeando principais pesquisadores conforme pode ser analisado na Figura 1.

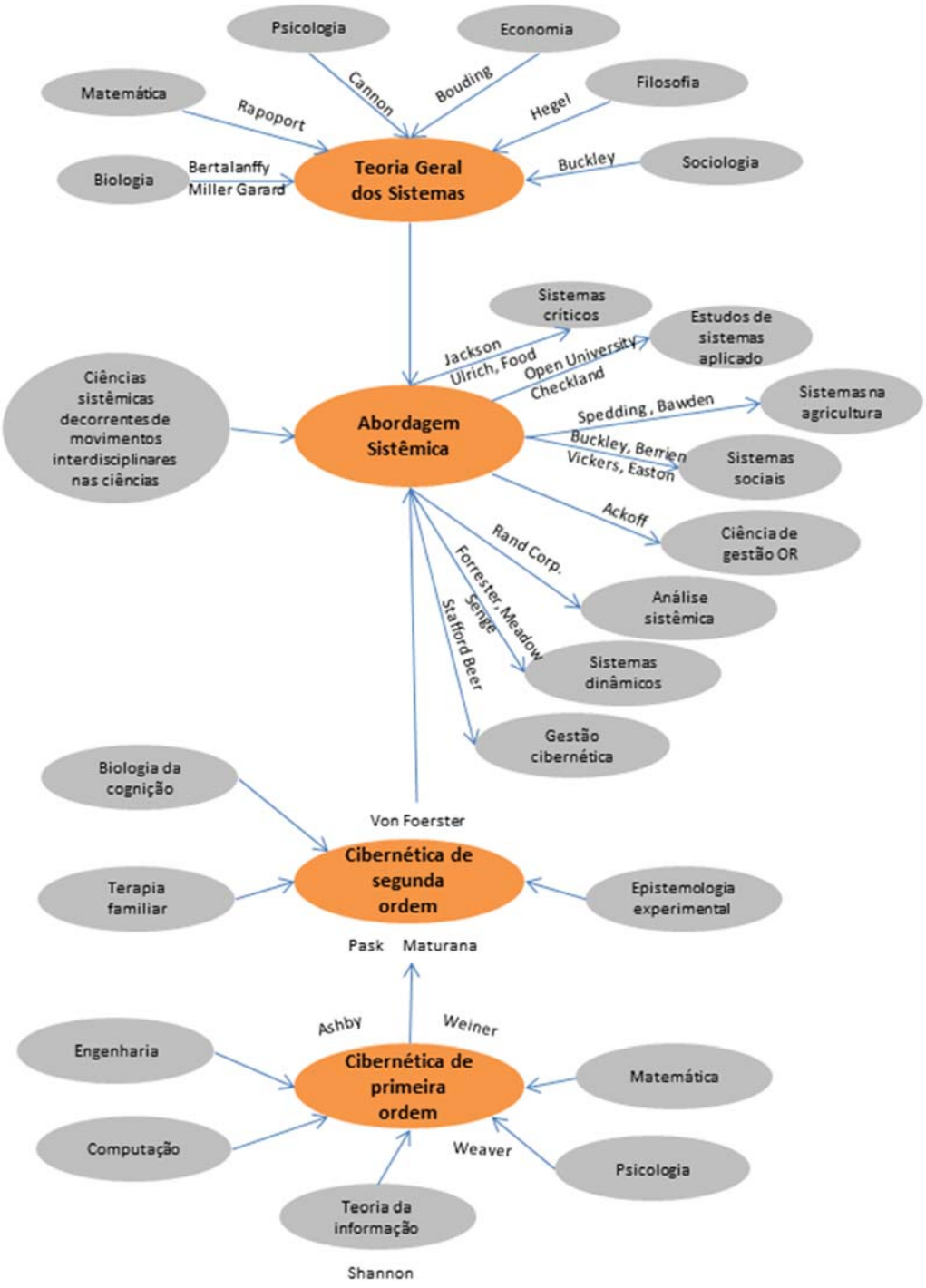


Figura 1 - Diagrama de influência representando diferentes desdobramentos da abordagem sistêmica em diversos campos disciplinares, nomeando principais pesquisadores. (Fonte: Adaptado de ISON, MAITENY e CARR, 1997).

O tema da complexidade e do entendimento dos sistemas complexos e adaptativos tem sido investigado no último século. Essas "visões da complexidade" culminaram na formulação de vários conceitos e abordagens que são aplicados nas mais variadas áreas: projeto [*design*],

economia, ciências humanas, engenharia, planejamento social, entre outros. Apresentaremos a seguir alguns conceitos que sintetizam o paradigma do pensamento sistêmico, os quais são considerados importantes na reflexão deste trabalho.

2.2.1. Complexidade

O pensamento sistêmico pressupõe que fenômenos complexos não podem ser simplificados. Para Morin (2007), o objetivo do conhecimento científico foi e continua sendo a dissipação da aparente complexidade dos fenômenos e a revelação da ordem simples a que eles obedecem. O autor reflete, porém, que esses "modos simplificadores de conhecimento mutilam mais do que exprimem as realidades ou os fenômenos de que tratam" (MORIN, 2007, p.5). É baseado nesse reconhecimento que o pensamento sistêmico pressupõe que a complexidade dos fenômenos não pode ser simplificada e reduzida em partes para ser compreendida. Para Morin (2007), a complexidade é um "tecido" [7] de constituição heterogênea cujas associações não podem ser separadas. A complexidade é "efetivamente o tecido dos acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem nosso mundo fenomênico" (MORIN, 2007, p. 13).

Ashby (1973 apud DAELLENBACH; MCNICKLE, 2005) define a complexidade como a quantidade de informação requerida para descrever algo. Essas informações incluem não somente as partes componentes, mas as relações estabelecidas entre elas. (DAELLENBACH; MCNICKLE, 2005).

Na ciência, o reconhecimento de que fenômenos complexos não podem ser reduzidos às suas partes para serem compreendidos conduziu ao holismo. Para Simon (1996), o termo "holismo", que surge através da abordagem sistêmica, significa que, em um sistema complexo, as partes possuem relações mútuas que não são identificáveis na análise das partes isoladamente.

Há, porém, nesta discussão bipolarizada entre reducionismo e holismo, uma busca pelo equilíbrio e pela complementaridade das abordagens. Capra (1997), por exemplo, não discursa contra a descrição reducionista. Para o autor, ela pode ser útil em alguns casos, porém perigosa quando assumida como explicação completa sobre o entendimento de um fenômeno. "(...) Reducionismo e holismo, análise e síntese, são enfoques complementares

[7] *Complexus*: o que é tecido junto. (MORIN, 2007, pg.13)

que, usados em equilíbrio adequado, nos ajudam a chegar a um conhecimento mais profundo da vida." (CAPRA, 1997, p. 261).

Como bem explicita Palazzo (1999), a abordagem reducionista pode ser compreendida como um método que negligencia as conexões e enfatiza a individualidade das partes. A abordagem holística, por sua vez, propõe a observação de um fenômeno complexo como um todo, e não como uma coleção de partes, em que o entendimento do todo e das conexões se sobrepõe à análise das partes. Para o autor, ambas as abordagens "reduzem" um fenômeno complexo a uma representação simples, negligenciando uma parte essencial das características dos fenômenos. Para o autor, uma ciência da complexidade deve transcender esta visão bipolarizada entre holismo e reducionismo, para uma visão complementar, onde seja possível compreender partes distintas de um todo e ao mesmo tempo reconhecer as conexões.

É exatamente a favor desse argumento que discursa Morin (1994). O autor reflete que abordar a complexidade não se trata de abandonar todas as regras da lógica clássica, mas integrá-la em um "jogo complexo". "Ora o problema não é reduzir nem separar, mas diferenciar e juntar [...] O pensamento complexo é o pensamento que se esforça para unir, não na confusão, mas operando diferenciações" (MORIN, 1994 in PENA-VEGA; NASCIMENTO, 2010, p. 30-33).

Para Palazzo (1999), um conceito matemático que satisfaz essa condição é o conceito de **rede**. Tal conceito permite tratar tanto das partes como do todo**.** Uma rede é composta de nós e de conexões entre os nós. Os nós são partes de um sistema complexo e as conexões correspondem às relações estabelecidas entre as partes. Ambos nós e conexões são elementos de um sistema e, portanto, importantes na sua caracterização.

Também há um reconhecimento de que tratar a complexidade não significa dar conta do conhecimento completo. Morin (2007) ressalta o fato de que o conhecimento completo é impossível. Para o autor, o pensamento complexo reconhece a incerteza e a incompletude. Pensar complexamente não significa dar conta da completude do fenômeno, mas sim dar conta das articulações entre as disciplinas que são desmembradas no pensamento disjuntivo, característico do pensamento científico tradicional, aquele que "isola o que separa e oculta tudo o que religa, interage, interfere" (MORIN, 2007, p.6). Esse saber fragmentado isola o objeto de seu contexto e, assim, ignora as relações.

No pensamento complexo, portanto, entende-se que tanto a compreensão das partes como elementos que possuem autonomia como também o entendimento do todo como um todo unificado, composto por partes em estreito relacionamento, são importantes na compreensão e caracterização de um sistema complexo.

2.2.2. Sistema

A noção de sistema é conhecida desde os escritos de Platão e Aristóteles. Para Aristóteles, a compreensão das partes do corpo só faz sentido na medida em que se compreenda seu funcionamento relacionado ao comportamento global do corpo humano. O termo "holismo", situado às margens do pensamento filosófico, foi objeto de novo interesse nos séculos XVIII e XIX, principalmente nos trabalhos de Hegel e Kant (JACKSON, 2003).

Em "Crítica da Razão Pura", Imanuel Kant definiu a "arquitetônica" como a arte de construir sistemas (MONTANER, 2009). Hegel introduziu o conceito de processo, no qual entendia que o conhecimento da verdade somente poderia ocorrer por meio de um desdobramento sistêmico entre tese, antítese e síntese. A síntese tornando-se novamente a tese e gradualmente enriquecendo a compreensão do todo (JACKSON, 2003). Para Hegel, a verdade sistemática consistia na articulação de cada parte ao todo (MONTANER, 2009).

Na sua "Teoria dos Sistemas", Bertalanffy (2010) procura identificar os princípios universais, ou seja, propriedades gerais que aparecem em diferentes disciplinas científicas. Estabelece, assim, o conceito de sistema como elemento fundamental da investigação científica e a formulação de princípios válidos para os sistemas em geral, independente dos elementos que os constituem. Os sistemas são apresentados como entidades complexas, que interagem abertamente em seus ambientes e evoluem continuamente pela aquisição de novas propriedades. Ao invés de isolar partes de uma entidade para compreendê-la, a teoria dos sistemas se preocupa com as relações estabelecidas entre as partes, que, unidas, configuram o todo.

O conceito de **sistema** é definido por Bertalanffy (2010) como um "conjunto de componentes em estado de interação". Portanto é esse estado de interação que define a existência de um sistema e que o difere de um aglomerado de partes independentes umas das outras (VASCONCELLOS, 2002). Para Bertalanffy, as propriedades observadas nos organismos vivos

poderiam ser expandidas a outros tipos de sistemas e esse era o objetivo de sua Teoria dos Sistemas.

"O problema do sistema é essencialmente o problema das limitações dos procedimentos analíticos na ciência" (BERTALANFFY, 2010, p. 39). Para Bertalanffy, o "procedimento analítico" assume como primeira condição que a interação entre as partes não existe, ou são relativamente fracas para serem consideradas. A segunda condição é que "as relações que descrevem o comportamento das partes sejam lineares" (BERTALANFFY, 2010, pg. 39). Nos sistemas, também definidos como "complexidade organizada", essas condições não são satisfeitas e, por isso, é definido como partes "em interação".

2.2.3. Hierarquia

Em sua Teoria Geral dos Sistemas, Bertalanffy (2010) propõe que o mundo deva ser considerado sob um enfoque de organização hierárquica, em que entidades organizadas superpõem-se em muitos níveis, indo dos sistemas físicos e químicos aos biológicos e sociológicos.

Assim, é comum se dizer que a natureza se constitui de sistemas dentro de sistemas. Cada sistema é um subsistema em relação àquele de nível hierárquico superior. Cada subsistema teria assim duas tendências: uma integrativa, que lhe permite funcionar como parte de um sistema superior, através de relações de interdependência e integração; e outra afirmativa, que lhe permite funcionar como um todo, a fim de preservar sua individualidade e autonomia (VASCONCELLOS, 2002).

> "A realidade como um todo se caracteriza por essas estruturas hierárquicas, constituída pela superposição de níveis de sistemas: sistemas de um nível se combinam para formar ordens mais altas na hierarquia. Cada um desses níveis, constituindo-se como um todo, é irredutível a seus níveis inferiores, e é isso que impede que sejam estudados por métodos analíticos (...) Assim, os membros individuais de um sistema sendo, por sua vez, sistemas do nível inferior, são, ao mesmo tempo *todo* e *parte"* (VASCONCELLOS, 2002, p. 205)

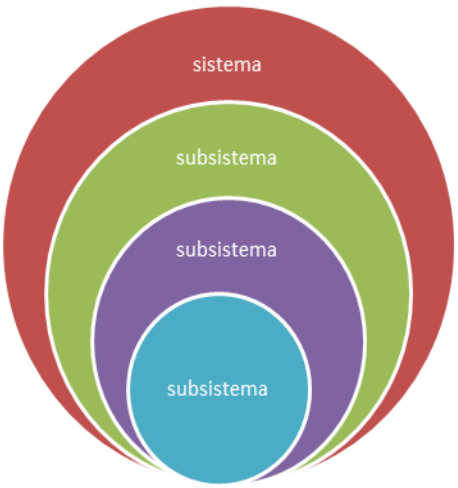


Figura 2 - Decomposição Hierárquica. Fonte: autora.

A teoria dos Sistemas investiga a relação entre os sistemas e a relação entre o sistema e o sistema maior no qual ele se insere: o ambiente, ou seja, o contexto do sistema. Vasconcellos (2002) atenta para o fato de que as fronteiras estabelecidas entre os sistemas nem sempre são elementos concretos e não devem ser consideradas como barreiras, mas como "lugar de relação" ou "lugar das trocas" entre sistema e ambiente.

2.2.4. Emergência

O pressuposto da emergência refere-se ao reconhecimento de que novas propriedades e relações emergem na interação entre as partes de um sistema, as quais não existiam isoladamente na análise das partes individuais.

A partir desta constatação é que por vezes se diz que o todo é mais do que a soma das partes, conforme reflete Morin: "O sistema, como já foi dito – o todo -, é mais do que a soma das partes. Isto é, no nível do todo organizado há emergências e qualidades que não existem no nível das partes quando são isoladas. Tais emergências podem retroagir sobre as partes. " (MORIN, 1994 in PENA-VEGA; NASCIMENTO, 2010, p. 28).

Porém, conforme ressalta Dubrovsky (2004), não se pode interpretar esse princípio como a afirmação de que o todo (a unidade) é mais do que a soma das partes simplesmente pelo fato do relacionamento existente entre as partes. Para o autor, a doutrina da emergência faz uma declaração muito mais forte. Ela significa que a **Unidade** que emerge da relação entre as partes é algo ontologicamente "novo", "adicional" e diferente das peças e suas relações. Essa

unidade não pode ser prevista pela análise das partes constituintes e suas relações e nem reduzida a elas.

É exatamente por isso que também, por vezes, se diz que o todo é menos do que as partes. Sobre essa afirmação Morin também reflete: “Eu diria mesmo que o todo é menos do que a soma das partes, porque tudo que é organizado tem obrigações, e tudo que é obrigação inibe ou proíbe possibilidades que não podem ser exprimidas” (MORIN, 1994 in PENA-VEGA; NASCIMENTO, 2010, p. 28).

As características de um componente do sistema não são totalmente exibidas no sistema do qual faz parte, porque o sistema impõe coerções sobre o comportamento das partes de acordo com as relações entre elas (BERTALANFFY, 2010). Do mesmo modo, novas propriedades emergem do relacionamento e da organização das partes entre si.

O todo, portanto, é uma **unidade distinta**, tanto das partes, quanto das relações. O todo se refere a uma organização (que envolve partes e relações).

2.2.5. Organismo e auto-organização

O conceito de organismo tem um valor paradigmático para o pensamento sistêmico. A organização trata das relações que precisam acontecer para que algo exista (MATURANA; VARELLA, 2001).

Para Maturana e Varela, é simples apontar, em uma determinada organização, os objetos que a compõem e que a caracterizam como uma classe. Porém, é extremamente complexo e difícil descrever com exatidão as relações que constituem tal organização. A organização de alguma coisa é “algo ao mesmo tempo simples e potencialmente complicado” (MATURANA; VARELLA, 2001, p. 50).

Tão importante quanto o conceito de organização é a distinção entre organização e estrutura, conforme descrito por Maturana e Varella. A organização trata das “relações que devem ocorrer entre os componentes de algo, para que seja possível reconhecê-lo como membro de uma classe específica”. A estrutura trata dos “componentes e relações que constituem concretamente uma unidade particular e configuram sua organização” (MATURANA; VARELLA, 2001, p. 54).

Para Maturana e Varella, seres vivos diferentes se distinguem porque têm estruturas distintas, mas são iguais em organização. Ao tentar caracterizar um ser vivo e ao buscar fazê-lo de um modo científico, perceberam que não podem fornecer uma lista que caracterize um ser vivo, mas que podem "propor um sistema que, ao funcionar, gere toda sua fenomenologia" (MATURANA; VARELLA, 2001, p. 56). Para os autores, ter uma organização não é exclusivo dos seres vivos, mas comum a todas as coisas que podem ser investigadas como um sistema.

Dois outros conceitos importantes agregam-se ao conceito de organismo: o conceito de **distinção** e o conceito de **unidade**. O conceito de distinção é descrito por Maturana e Varela da seguinte maneira:

> "O ato de designar qualquer ente, objeto, coisa ou unidade, está ligado à realização de um **ato de distinção** que separa o designado e o distingue de um fundo [...] Essa situação é uma situação cotidiana e não única, na qual estamos submersos de modo necessário e permanente" (MATURANA; VARELLA, 2001, p. 47).

O conceito de unidade é descrito por Maturana e Varela da seguinte maneira:

> "Uma unidade (entidade, objeto) torna-se definida por um ato de distinção. Cada vez que fazemos referência a uma unidade em nossas descrições, tornamos implícita a operação de distinção que a define e torna possível" (MATURANA; VARELLA, 2001, p. 47).
>
> "A formação de uma unidade determina sempre uma série de fenômenos associados às características que a definem o que nos permite dizer que cada classe de unidades especifica uma **fenomenologia** particular" (MATURANA; VARELLA, 2001, p. 61).

Isso quer dizer que, ao distinguir uma unidade de um fundo, estamos distinguindo **padrões de organização.** Para Capra (2006), o conceito de padrão de organização como a "configuração de relações características de um sistema particular" (CAPRA, 2006, p.76) tornou-se o foco de investigação da cibernética e estabeleceu-se como um fundamento importante no pensamento sistêmico.

Uma das propriedades mais importantes do padrão de organização de sistemas vivos, conforme apontado por Capra (2006) é o **padrão de rede**. As relações que se estabelecem não são lineares, mas estendem-se em todas as direções e podem configurar laços fechados de retroalimentação. O conceito de retroalimentação está profundamente enraizado no padrão de rede. Isso significa dizer que os organismos possuem a capacidade de regular-se a si mesmos e se **auto-organizar**. Uma rede de laços de comunicação, por exemplo, aprenderá

com os erros e poderá corrigi-los, regulando-se a si mesma e se auto-organizando (CAPRA, 2006).

O conceito de **auto-organização** revela-se para o pensamento sistêmico como um conceito fundamental e desdobra-se em diversas disciplinas. A concepção de auto-organização origina-se nos primeiros anos de pesquisa da cibernética e expande-se por diferentes abordagens (CAPRA, 2006).

Maturana e Varela, ao caracterizar a organização que define um ser vivo, estabelecem o conceito de **autopoiesis** como o modelo de auto-organização que caracteriza sistemas vivos. Seres vivos somente podem ser caracterizados como tal devido à sua **organização autopoiética**. Isso significa que seres vivos possuem uma rede de interações moleculares que produzem a si mesmas e especificam seus próprios limites, o "entorno espacial no qual se realizam" (MATURANA; VARELLA, 2001, p. 46). Seres vivos produzem, de modo contínuo, a si próprios.

Essa organização autopoiética é proporcionada por certas relações existentes entre os componentes moleculares do organismo vivo, conhecidas como metabolismo. O metabolismo celular produz componentes e todos esses componentes integram a rede de relações e transformações que os produzem. Ou seja, os elementos são produtores e produtos ao mesmo tempo. "O que é peculiar é que sua organização é tal que seu único produto são eles mesmos" (Maturana e Varella, 2001, p. 57), ou seja, não há separação entre produtor e produto.

Alguns desses elementos formam fronteiras, ou seja, limites para essas transformações (uma membrana, por exemplo). A membrana não apenas limita essa rede de relações, mas também participa dela. Esse processo entre produtor e produto não é sequencial, mas dois aspectos de um fenômeno unitário. "Estamos falando de um tipo de fenômeno no qual a possibilidade de distinguir algo do todo [...] depende da integridade dos processos que o tornam possível" (MATURANA; VARELLA, 2001, p. 55). Se interrompermos o processo não existirá mais unidade a observar. "A característica mais peculiar de um sistema autopoiético é que ele se levanta por seus próprios cordões e se constitui como diferente do meio por sua própria dinâmica, de tal maneira que ambas as coisas são inseparáveis" (MATURANA; VARELLA, 2001, p. 55).

Organismos autopoiéticos são, portanto, unidades **autônomas.** Para Maturana e Varella, organismos são autônomos quando são "capazes de especificar sua própria legalidade, aquilo que lhe é próprio" (MATURANA; VARELLA, 2001, p. 55). Isso significa dizer que um organismo autopoiético é fechado para o ambiente com relação a seu padrão de organização, que determina suas próprias leis, mas aberto a trocas de energia, materiais ou informação.

Capra (2006) descreve o comportamento dos padrões de auto-organização a partir de três características fundamentais:

a) Padrões auto-organizados incluem a criação de novas estruturas e novos modos de comportamento no processo de auto-organização, desenvolvendo processos de aprendizagem e evolução.
b) Padrões auto-organizados são sistemas abertos, que funcionam longe do equilíbrio, em contínua troca de energia e matéria através do sistema. Essa troca é fundamental para que ocorra a auto-organização do sistema.
c) Padrões auto-organizados se descrevem por conexões não lineares, resultando em laços de retroalimentação.

> "Resumindo essas três características dos sistemas auto-organizados, podemos dizer que a auto-organização é a emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento em sistemas abertos, afastados do equilíbrio, caracterizados por laços de realimentação internos e descritos matematicamente por equações não-lineares" (CAPRA, 2006, p. 80).

2.2.6. Retroalimentação

O pensamento sistêmico pressupõe que as relações de causalidade entre elementos do sistema são mútuas. Não somente X afeta Y como também Y afeta X. A descrição de causalidade entre as partes de um fenômeno deixa de ser expressa por uma forma linear, para uma forma circular ou em espiral. A esse pressuposto denomina-se **retroalimentação.**

A retroalimentação é o conceito central na qual se baseia a Cibernética. A cibernética é uma teoria dos sistemas de controle baseada na comunicação, ou seja, transferência da informação, entre o sistema e o meio onde esse sistema opera e entre os elementos do próprio sistema (BERTALANFFY, 2010). A essa transferência de informação dá-se o nome retroação ou retroalimentação (*feedback*).

O movimento da cibernética inicia-se na segunda guerra mundial, liderada pelo pesquisador Norbert Wiener, concomitantemente à pesquisa de Bertalanffy sobre a "Teoria Geral dos Sistemas". Enquanto Bertalanffy estava preocupado com a descrição e comportamento dos sistemas em geral, a cibernética estava preocupada com sistemas que possuíam padrões de comunicação e controle (CAPRA, 2006; JACKSON, 2003).

Os estudos da cibernética, inicialmente focados em sistemas de controle em máquinas e animais, rapidamente evoluem para a compreensão e a descrição de sistemas mais amplos, como a "lógica da mente" e os sistemas sociais, expressos em uma linguagem matemática, em laços fechados e em redes e relacionados às noções de **mensagem, controle e realimentação** por meio de uma teoria transdisciplinar que envolve biologia, matemática e engenharia (CAPRA, 2006; HEYLIGHEN; JOSLYN, 2001 in MEYERS, 2001). Esses estudos tiveram uma importância fundamental no desenvolvimento da computação digital e da inteligência artificial.

Padrões de retroalimentação estão presentes não só nas máquinas, mas em todo o mundo vivo. Norbert Wiener introduz a ideia da causalidade circular não somente na engenharia, mas também no comportamento dos organismos vivos. Ainda para Wiener, o conceito é também aplicável para modelar os sistemas sociais (CAPRA, 2006).

Dizer que um sistema conta com um mecanismo de retroalimentação significa que o sistema, durante seu funcionamento, é informado quanto aos resultados produzidos e parte dos resultados (output) são enviados como informação (inputs) à entrada do processo, o que se denomina de circuito de retroalimentação. Isso significa que o sistema cibernético poderá apresentar mudanças de comportamento por influência de um fator externo (informação). Desse modo, a informação torna-se parte inseparável da organização (MORIN, 1994 in PENA-VEGA; NASCIMENTO, 2010). Esse recurso permite que o sistema seja controlado com base em seu desempenho **efetivo** e não em seu desempenho **previsto** (WIENER, 1950 apud CAPRA, 2006).

Dentro do conceito de retroação ocorre o fenômeno da regulação e o controle. A retroalimentação pode ocorrer de forma negativa (*feedback* negativo) ou positiva (*feedback* positivo). O *feedback* negativo é também conhecido como auto-equilibração. Em uma relação causal de A para B, uma mudança em A produz uma mudança em sentido contrário em B, ou

seja, o sistema, ou máquina, é informado quanto a um desvio e dedica-se a corrigi-lo. O sistema responde de forma a reverter a direção da mudança, auto equilibrando-se. No *feedback* positivo, também conhecido como auto-reforço, em uma relação causal de A para B, uma mudança em A produz uma mudança no mesmo sentido em B, amplificando o desvio. O sistema responde na mesma direção da mudança, amplificando a resposta. Quando o desvio não pode ser, por algum motivo, corrigido, o sistema pode se transformar (CAPRA, 2006; HEYLIGHEN; JOSLYN, 2001 in MEYERS, 2001).

Para Simon (1997), o controle por retroação mostra como um sistema pode trabalhar na direção de certos objetivos e se **adaptar** para um ambiente em mudança.

Uma das contribuições mais fundamentais da cibernética é a explicação da intencionalidade e do comportamento meta-dirigido, em termos de controle e informação. A cibernética teve uma influência fundamental para o nascimento de várias ciências modernas: teoria de controle, ciência da computação, teoria da informação, teoria dos autômatos, inteligência artificial, redes neurais artificiais, ciência cognitiva, modelagem computacional, ciência da simulação (HEYLIGHEN; JOSLYN, 2001 in MEYERS, 2001).

Na era pós-guerra os estudos da cibernética tendem a concentrar esforços na abordagem da engenharia, com uma visão mecanicista e realista que acredita que a construção do sistema é uma construção real que independe do observador e que o comportamento dos sistemas é determinado pelo ambiente. Tal visão ainda se fundamentava no determinismo da ciência tradicional e no pressuposto de que o ambiente determina o comportamento do sistema.

Porém, a partir década de 70, quando a engenharia de controle e a ciência da computação tornam-se disciplinas independentes, a cibernética passa a investigar o papel do observador na modelagem dos sistemas. Reconhece-se que a modelagem do sistema é mediada pelas nossas representações mentais e que o observador ignora aspectos do sistema que são irrelevantes para o propósito do modelo que constrói. Assim, o sistema depende de seu criador. Esse movimento é denominado cibernética de segunda ordem (HEYLIGHEN; JOSLYN, 2001 in MEYERS, 2001).

É exatamente esse reconhecimento que fundamenta o pressuposto da “subjetividade” que será apresentado a seguir.

2.2.7. Subjetividade

A partir dos estudos da cibernética de segunda ordem, o sistema não mais é visto como algo passivo, que pode ser observado, manipulado, desmontado. O sistema é visto agora como um organismo, um sistema social, um agente que interage com outro agente, o observador. (HEYLIGHEN; JOSLYN, 2001 in MEYERS, 2001).

Nessa contextualização do sistema existe um observador, o qual é impossível remover, que o observa segundo sua própria visão de mundo. Há, portanto, também, um reconhecimento de que é impossível conhecer o mundo objetivamente, uma vez que a própria presença do observador interfere naquilo que é observado.

Como bem apontado por Vasconcellos (2002), apesar da enorme dificuldade encontrada nas ciências humanas em atender ao critério da objetividade preconizado pelo pensamento analítico, foi na própria física que o questionamento da objetividade passou a ser pautado nas discussões, quando se percebeu ser impossível observar partículas atômicas sem que a própria observação interferisse e alterasse o objeto: o fato de observar o elétron influenciava o que se via. O "princípio da incerteza", denominado pelo cientista Heinsenberg, afirma que é impossível um conhecimento objetivo do mundo físico, comprovando, assim, que o problema do observador não se limita às ciências humanas (VASCONCELLOS, 2002).

Os trabalhos publicados por Maturana e Varela (2001) são fundamentais no estabelecimento de uma teoria científica do observador e contribuem para a revisão do pressuposto da objetividade. Os autores estabelecem o conceito da "objetividade entre parênteses", no qual um objeto é reconhecido em relação a um "fundo", constituindo uma "realidade". Se não existir observador, não acontece a distinção do objeto em relação ao fundo e não se estabelece a "realidade" para ele.

O reconhecimento de um sistema somente pode acontecer no momento em que um observador escolhe o que incluir ou não incluir na caracterização de um sistema. Essa escolha depende de como o observador visualiza algo e com qual propósito pretende definir tal sistema (DAELLENBACH; MCNICKLE, 2005). Assim, o sistema pode ser visto a partir de uma construção mental do próprio observador, que o distingue em relação a um fundo, a partir de uma realidade que se apresenta para sua visão de mundo. Isso quer dizer que observadores distintos podem construir modelos de sistemas distintos a partir dos mesmos elementos

observados. “O observador também é um sistema cibernético, tentando construir um modelo para outro sistema cibernético” (HEYLIGHEN e JOSLYN, 2001 in MEYERS, 2001, p.4).

2.2.8. Contexto

O pensamento sistêmico pressupõe que só é possível compreender e caracterizar um sistema se procedermos à sua **contextualização.**

Para proceder a tal contextualização do objeto ou problema, devemos fazer um exercício de ampliação do foco e trabalhar com sistemas amplos; desse modo, estamos retirando o foco exclusivo no elemento e incluindo o foco das relações. O contexto, nesse sentido, não significa simplesmente ambiente, mas a relação entre todos os elementos envolvidos (VASCONCELLOS, 2002).

> “Contextualizar é reintegrar o objeto no seu contexto, ou seja, é vê-lo existindo no sistema. E ampliando ainda mais o foco, colocando o *foco nas interligações*, veremos esse sistema interagindo com outros sistemas, veremos uma *rede de padrões interconectados*, veremos *conexões ecossistêmicas*, veremos *redes de redes* ou *sistemas de sistemas*. ” (VASCONCELLOS, 2002, p. 112).

Desse pressuposto surge o modelo de **sistema aberto**, descrito por Bertalanffy (2010). Bertalannfy estabelece a diferença entre o que denomina de sistemas fechados e sistemas abertos. Os sistemas fechados são isolados de seu ambiente e não realizam trocas. A física convencional trata dos sistemas fechados (JACKSON, 2003). Os **sistemas fechados** são aqueles que estão em estado de equilíbrio, onde as trocas de energia/matéria com o exterior são nulas (MORIN, 2007). Os processos seguem um caminho fixo determinado e o estado final é dependente das condições iniciais do processo. Esse estado final somente será modificado se as condições iniciais ou o curso do processo for alterado.

Os **sistemas abertos**, por sua vez, estão em contínua troca de energia/matéria ou informação com o ambiente. O conceito de sistema aberto origina-se na termodinâmica e expande-se por várias disciplinas. Esse “desequilíbrio regulador” permite que o sistema se mantenha íntegro, autorregulando-se de acordo com as alterações do meio (MORIN, 2007).

Em um sistema aberto, o mesmo estado final pode ser alcançado por diferentes condições iniciais e por diferentes maneiras. A esse princípio é dado o nome **Equifinalidade (**BERTALANFFY, 2010). Sistemas abertos tomam entradas de seus ambientes, as transformam

e devolvem-nas como espécie de produto. Eles dependem do ambiente para sua existência e se adaptam como resposta às alterações deste (JACKSON, 2003).

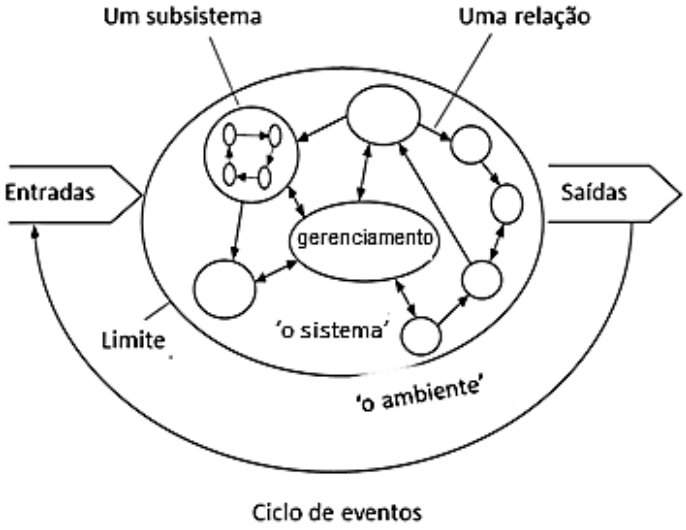


Figura 3 – Sistema biológico (Fonte: adaptado de JACKSON, 2003).

Para Morin (2007), duas consequências fundamentais decorrem da ideia de sistema aberto. A primeira consiste no fato do reconhecimento de que as leis que regulam a vida não são de equilíbrio, mas de desequilíbrio, recuperado ou compensado. A segunda é que **não podemos compreender o sistema isolado de seu meio**. **O sistema aberto é dependente do meio**. O meio faz parte da constituição do sistema aberto. O sistema só pode ser compreendido se nele incluímos o meio ambiente, "que lhe é ao mesmo tempo íntimo e estranho e o integra sendo ao mesmo tempo exterior a ele" (MORIN, 2007, p. 22).

Para Morin (2007), o conceito de sistema aberto tem valor paradigmático. Conceber todo objeto ou entidade como fechado resulta em uma visão classificadora, analítica e reducionista, numa causalidade linear, visão esta que se instaurou do século XVII ao XIX.

Essa perspectiva dos sistemas abertos foi revisitada, na década de 70, pelos biólogos Maturana e Varela (2001). Para Maturana e Varela, o organismo vivo se comporta como um **sistema autônomo**, no qual ocorrem diversas interações. Esse sistema é fechado para o ambiente com relação à sua operação e organização e aberto com relação à troca de energia e matéria (metabolismo). Sua organização e as redes de relações internas garantem sua auto-produção e sua autonomia. Organismos vivos são, portanto, **autopoiéticos**, ou seja, são

produtores e produtos ao mesmo tempo. As redes de relações moleculares que produzem a si mesmas, os distinguem como um organismo vivo.

Os organismos autopoiéticos são autônomos com relação ao ambiente, mas ao mesmo tempo inseparável deste, pois o organismo e o ambiente estão **acoplados estruturalmente**. Esses organismos autopoiéticos respondem às mudanças do ambiente, mas não diretamente nem de forma simples. Essa resposta depende de sua própria organização interna (MATURANA; VARELA, 2001).

O conceito de determinismo da ciência tradicional está pautado no pressuposto de que o ambiente determina o comportamento do sistema. Maturana, porém, enfatiza o **determinismo estrutural** (MATURANA; VARELLA, 2001), em que o sistema se relaciona com o ambiente de acordo com sua estrutura naquele momento. Para Maturana, a estrutura dos seres vivos, em seu acoplamento estrutural com o ambiente, se modifica, dentro do possível, para que não perca sua organização, sua identidade.

2.2.9. Sistemas *soft* e sistemas *hard*

Uma das contribuições mais visíveis para a discussão da posição do observador na construção dos sistemas pode ser encontrada na pesquisa aplicada de Peter Checkland (2000). A distinção entre sistemas *soft* e sistemas *hard* foi por ele elaborada, na década de 80 (CHECKLAND, 2000), influenciado pelas pesquisas de Maturana e Varella a respeito da teoria científica do observador e da revisão do pressuposto da objetividade.

Checkland elaborou essas denominações para diferir sua conceituação de sistema do conceito de "sistema" que se desenvolveu logo após a segunda guerra mundial, utilizado pela engenharia de sistemas, análise de sistemas e a pesquisa operacional (OR).

Para Checkland, nessas áreas de conhecimento, o conceito de sistema é descrito como "algo" que existe fora de nós mesmos (CHECKLAND, 2000). Tal pressuposto está fundamentado na crença de que o mundo pode ser considerado um "conjunto de sistemas em interação, alguns dos quais não funcionam muito bem e podem ser projetados para trabalhar melhor" (CHECKLAND, 2000, p. S17). A esse conceito de sistema, Checkland denomina "sistemas *hard*" (sistemas duros).

O pressuposto dos sistemas “soft”, propostos por Checkland, é algo bem diferente dos sistemas “hard”. A investigação dos problemas do mundo é revelada como um **sistema de aprendizagem**. Assim, a palavra “sistema” não é aplicada ao mundo, mas ao nosso processo de lidar com o mundo, de investigá-lo. Checkland coloca, desta forma, o observador **dentro** do sistema. Essa é, para Checkland, a distinção intelectual entre sistemas *hard* e sistemas *soft*, conforme Figura 4.

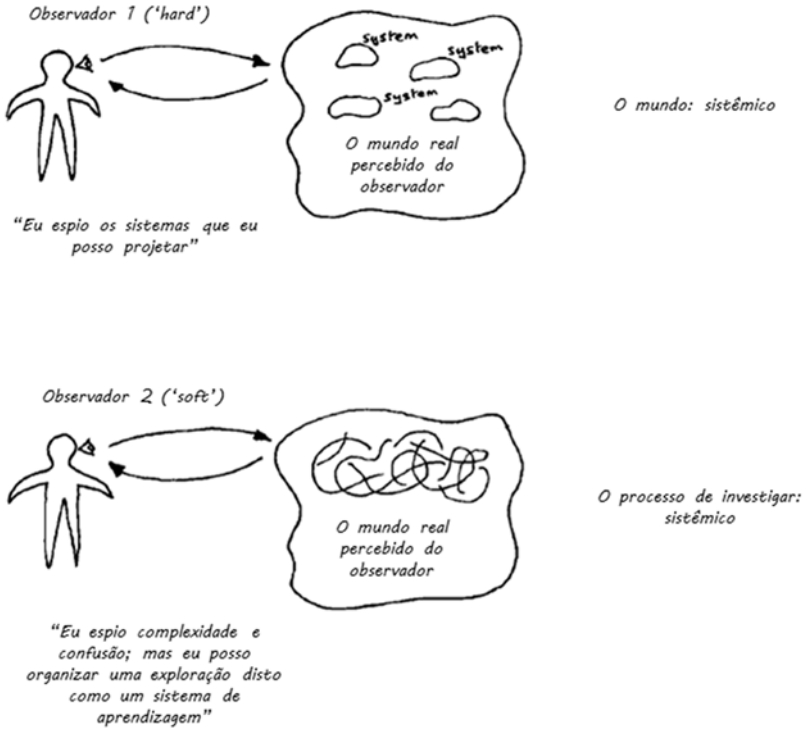


Figura 4 – As posturas dos sistemas hard e soft (Fonte: adaptado de CHECKLAND, 2000).

Na abordagem do pensamento sistêmico *hard*, pesquisadores, obrigados a tratar com situações complexas, substituem a noção tradicional de objeto científico pela noção de sistema, importando teorias diretamente das ciências naturais. Para esse objetivo, o recurso da modelagem dos sistemas é extensivamente utilizado. O modelo é essencial no pensamento sistêmico *hard*, uma vez que nessa abordagem é necessário capturar, com a maior precisão possível, o funcionamento do sistema subjacente aos problemas investigados. O modelo, uma vez construído, pode ter seu comportamento testado, por meio de simulações, sem que se interfira diretamente na situação real (JACKSON, 2003).

Um dos pesquisadores mais influentes na abordagem sistêmica hard aplicada à gestão foi Herbert Simon, com seus trabalhos publicados nas décadas de 50 e 60, nos quais propõe a

gestão como tomada de decisão baseada em metas e objetivos, tradicionalmente conhecida como *goal-seeking* (CHECKLAND, 2000).

Pensadores sistêmicos *hard* foram pioneiros no trabalho com equipes multidisciplinares, em abordagens multidisciplinares. Ao trabalharem com situações complexas, pesquisadores percebiam que a utilização de abordagens reducionistas eram inúteis e buscaram abordagens mais holísticas. Nesse sentido, a linguagem sistêmica, utilizando conceitos como sistemas, subsistemas, hierarquia, limites e controle, se mostrou perfeita para os problemas que se apresentavam (JACKSON, 2003).

A crítica aos sistemas *hard* e a metodologia utilizada para sua modelagem, denominada por Checkland "*Hard Systems Methodology*", fundamentam-se no reconhecimento de que essa abordagem (tomada de decisão baseada em metas e objetivos) exigia problemas bem-estruturados, com objetivos e metas claramente definidos. Apesar da eficácia desse procedimento para modelar algumas situações, nem sempre os problemas complexos que se apresentam ao observador estão claramente identificados e a própria identificação do problema é algo subjetivo e relacional, do qual o observador faz parte.

Para Checkland, tal metodologia não se mostrava adequada para tratar situações organizacionais, nas quais a própria definição do problema é, em si, um problema, pois envolvem questões problemáticas de natureza social, em que cada indivíduo percebe a realidade de uma forma diferente, e envolvem múltiplas interações entre diferentes elementos do problema. Tais problemas configuram-se, para esse autor, como problemas mal-estruturados, pois não há definição do problema no início do processo, mas sim uma constatação de que é necessário fazer algo para melhorar o contexto existente.

Assim, o pensamento sistêmico *hard* é eficaz quando as metas são conhecidas e a modelagem do sistema é utilizada para se prever o comportamento diante de situações variáveis. O grande problema enfrentado pelo pensamento sistêmico *hard* estava exatamente nas situações em que a própria interpretação do problema era algo subjetivo, de acordo com as visões de mundo das pessoas envolvidas, o que dificultava a construção objetiva de modelos cujo objetivo centrava-se na simplificação de situações complexas. Ou seja, nem os objetivos nem as metas a serem alcançadas eram claros. Na simplificação realizada para a construção dos

modelos, havia sempre o perigo de que fatores não quantificáveis, mas importantes, ficassem de fora do modelo, o que frustrava os pesquisadores (JACKSON, 2003).

Ao tentar aplicar os métodos do pensamento sistêmico *hard* na resolução de problemas de gestão do mundo real, Checkland percebia que as situações eram muito complexas para uma transposição direta dos métodos aplicados na engenharia de sistemas. As perguntas que se colocavam eram exatamente aquelas que relatavam uma indeterminação do problema, tais como: Qual é o sistema que estamos tentando construir? Quais são nossos objetivos? Ou seja, havia uma concordância de que existia um problema e de que precisava ser resolvido, mas que tal problema não era perfeitamente conhecido, nem tampouco as metas que se deviam alcançar (CHECKLAND, 2000).

É exatamente a partir desta incerteza que Peter Checkland elaborou o conceito de sistemas *soft*, sistemas cujos problemas são mal estruturados[8], ou seja, não podem ser definidos previamente à construção do próprio sistema. A partir dos sistemas *soft*, Checkland elaborou uma metodologia, a qual denomina de *soft systems methodology.* Tal metodologia pretendia contribuir para a construção de sistemas onde os problemas eram indeterminados, onde não se conheciam os objetivos e as metas. O que se pretendia era exatamente uma **aprendizagem a partir da própria investigação do sistema.**

A *SSM* trata-se, portanto, de um método para a estruturação do conhecimento por meio da experiência, cujo objetivo centra-se sobre o que deveria ser feito diante de complexas situações sociais a fim de melhorar esse contexto e suas relações. Tal metodologia foi concebida e desenvolvida a partir de um programa-ação da Universidade de Lancaster, surgindo como uma resposta às complexas situações cotidianas, e seu objetivo centra-se na utilização de ideias do pensamento sistêmico aplicado a situações práticas, de modo que pesquisa e prática pudessem se retroalimentar (CHECKLAND, 2000; JACKSON, 2003).

A metodologia da SSM tem sido extensivamente aplicada, nos últimos 30 anos, e aprimorada a partir das experiências práticas. Durante o aprimoramento da metodologia, seu objetivo continua o mesmo: "encontrar formas de compreender e lidar com as dificuldades [...] de tomar medidas, tanto individualmente quanto em grupo, para "melhorar" situações que o dia-a-dia da vida continuamente cria e continuamente se modifica" (CHECKLAND, 2000, p.12,

[8] A questão dos problemas mal estruturados será abordada no item 3.1 do capítulo 3 desta tese.

tradução nossa). A representação atualizada da metodologia é representada por Checkland conforme a Figura 5 e descreve-se em quatro etapas.

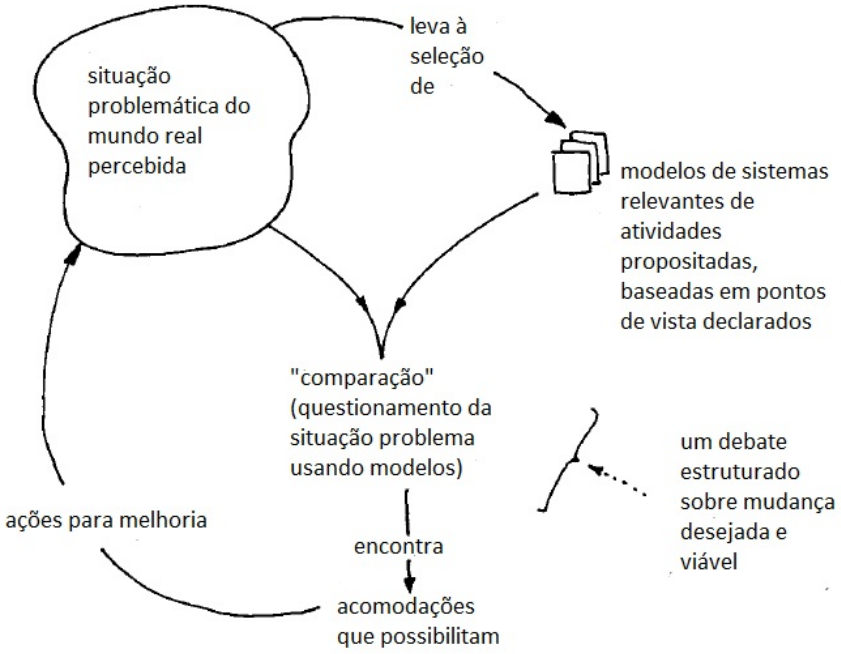


Figura 5 - O ciclo da SSM (Fonte: adaptado de CHECKLAND, 2000).

A primeira etapa da metodologia destina-se à "descoberta" da situação problema pelos atores envolvidos na construção do sistema. Não se trata de definir metas ou objetivos, mas definir qual a real situação-problema sobre o ponto de vista dos envolvidos. Checkland sugere, para isso, a elaboração do que denomina de "figura rica", um diagrama que possa descrever do modo mais completo possível a situação problemática existente, incluindo elementos culturais e políticos.

A segunda etapa da metodologia destina-se à formulação, pelos atores envolvidos, de modelos de atividades propositais, os quais Checkland define como "instrumentos intelectuais" que ajudam a estruturar a exploração de uma situação problemática a ser abordada (CKECKLAND, 2000). Checkland adverte que esses modelos não são "modelos científicos ou tecnológicos" e que não servem para representar uma situação real. São modelos utilizados para estimular, alimentar e estruturar um debate. Uma atividade proposital pode ser descrita como aquela em que na entrada de um dado processo de transformação, uma propriedade (ou entidade) em questão sofre alguma modificação em sua forma ou estado, o que refletirá no estado resultante à saída do processo (CKECKLAND, 2000).

Para auxiliar a construção desses modelos, Checkland sugere a utilização do P, Q, R. Fazer P, através de Q para contribuir para atingir R, respondendo a seguinte questão: o que fazer (P) como fazer (Q) e porque fazer (R).

A terceira etapa consiste em um debate com base nas diferentes "visões de mundo" dos atores envolvidos, através da apresentação dos modelos propositivos, e uma comparação da situação existente com os modelos desejados buscando por: a) alterações que deverão melhorar a situação e são consideradas desejáveis e viáveis. b) a acomodação entre interesses conflitantes que permitirão que a ação para melhoria seja tomada.

A quarta etapa consiste na ação sobre a situação-problema para implementação das melhorias.

A grande contribuição de Checkland para o pensamento sistêmico está na construção de uma abordagem que propõe um rompimento com o paradigma funcionalista e positivista na aplicação de conceitos sistêmicos para a resolução de problemas organizacionais, **incluindo inevitavelmente o observador como componente fundamental para a construção do próprio sistema.** A construção de sistemas, enquanto **sistemas de aprendizagem**, permite que atores envolvidos em processos de mudança possam aprender com a prática, investigando o mundo real a partir de pontos de vista declarados e, muitas vezes, conflitantes. Apresenta também um rompimento com o conceito de otimização do sistema, em direção ao conceito de aprendizagem e evolução. Essa abordagem aproxima-se da afirmação de Maturana e Varella, que nos diz que "todo ato de conhecer faz surgir um mundo" e "todo fazer é um conhecer e todo conhecer é um fazer" (Maturana e Varella, 2001, p.31-32).

2.3. Conclusões do capítulo

O capítulo 2 apresentou as diferenças epistemológicas entre a abordagem analítica e a abordagem sistêmica do pensamento.

Na arquitetura, reconhecendo tanto o edifício quanto seu processo de concepção como sistemas nos quais se descrevem relações de ordens variadas, entende-se que a abordagem sistêmica oferece um possível caminho para uma compreensão abrangente do desempenho do edifício (social, econômica ou ambiental) e também de seu processo de concepção.

O edifício é um sistema cujo desempenho depende da relação estabelecida entre suas diversas partes constitutivas (subsistemas) e insere-se em um dado contexto (natural e urbano) tendo com este, múltiplas interações (sistema inserido em outro sistema). Por sua vez, o processo de concepção do edifício também pode ser compreendido como um processo sistêmico, no qual informações de ordens variáveis interagem, configurando-se como um processo sistêmico auto-organizado, em que diversos atores interagem continuamente, aprendem com a experiência e evoluem constantemente.

Os conceitos apresentados pelo pensamento sistêmico, tais como a própria definição de sistema e organismo, bem como os conceitos subjacentes a estes, como hierarquia, emergência, auto-organização, retroalimentação, subjetividade e contexto, revelam-se conceitos oportunos para um entendimento sistêmico do processo de concepção (*design*) e de seu objeto.

Percebe-se que, concomitante ao desenvolvimento de diversos desdobramentos do pensamento sistêmico em disciplinas variadas, também ocorre a assimilação deste no pensamento em projeto (*design thinking*) e nos métodos de projeto (*design methodology*). O desenvolvimento dessas pesquisas demonstra como são profundamente influenciadas pelo pensamento científico e isso se reflete nas metodologias e na abordagem do processo projetual.

O capítulo 3 que se segue discorrerá sobre as abordagens que revelam existir uma profunda interface entre o pensamento sistêmico e a evolução da pesquisa sobre os métodos de projeto, conhecida como "*design methods*".

CAPÍTULO 3

A Abordagem sistêmica e a metodologia do projeto

3. A ABORDAGEM SISTÊMICA E A METODOLOGIA DO PROJETO

Em meados do século XX, no momento em que a abordagem do pensamento sistêmico atinge sua "maioridade", ocorre uma intensificação das pesquisas relacionadas com a metodologia projetual [*design methods]* e o pensamento em projeto [*design thinking*] (ZENG E CHENG, 1991). Há, nestas pesquisas, um reconhecimento de que o projeto [*design]* é um denominador complexo, abrangente e interdisciplinar e, portanto, comum a extensas formas de atividade. A palavra "projeto" passa a ser compreendida como um processo comum a vários campos: engenharia, design industrial, arquitetura, planejamento e afins (DARKE, 1984). Surge neste momento um grande interesse em identificar e compreender as relações entre os **sistemas de conhecimento envolvidos com a concepção**.

Para Cross (2007) o movimento da metodologia do projeto (*design methods movement*) pode ser definido a partir da "influência da análise de sistemas e da teoria dos sistemas a fim de estabelecer um conjunto de métodos sistemáticos de projeto" (CROSS, 2007, p. 1. tradução nossa).

A década de 60 é marcada por conferências que buscam estabelecer o projeto como um campo de investigação. Pode-se destacar a "*Conference on Design Methods*" realizada em Londres em 1962; "*The Design Method"* realizada em Birmingham, Reino Unido, em 1965 e "*Design Methods in Architecture"*, realizada em Portsmouth, UK, em 1967 (CROSS, 2007).

Assim, a chamada "primeira geração" desse movimento, estabelecida na década de 60, então influenciada pela pesquisa operacional e pelas técnicas de gerenciamento de tomadas de decisão - ambas desenvolvidas a partir da segunda guerra mundial - buscava uma forma de tratar a complexidade do ato projetual, de um modo científico e racional. Conforme apontado por Cross (2007) havia o desejo pelo projetista "científico". As pesquisas procuravam meios para transformar a "caixa preta" – método no qual o projetista chega a uma solução do problema de modo 'genial' sem que ele saiba qual processo o levou a tal solução – para a "caixa de vidro" – método no qual a tomada de decisões segue uma lógica coerente e racional. Sobre temática estão disponíveis importantes publicações, como a de JONES (1970) e ALEXANDER (1964).

A pesquisa de Alexander, publicada em seu livro "*Notes on the Synthesis of Form*" (ALEXANDER, 1964), procura tratar a complexidade do ato projetual e os "desajustes" do ambiente físico. Para Alexander as sociedades tradicionais, às quais denomina "inconsciente", produziam suas formas arquitetônicas ao longo do tempo e aprendiam através do teste e do erro, de um modo longo e contínuo. As transformações eram lentas, o que permitia que fossem absorvidas pelos sistemas construtivos. Porém nas sociedades modernas, cujos avanços tecnológicos crescem de forma exponencial, o aumento da complexidade, juntamente com a incapacidade cognitiva intrínseca do projetista de trabalhar com um grande número de variáveis resulta na falta de clareza das formas produzidas, em que prepondera um valor artístico individual contradizendo muitas vezes o próprio contexto.

Para tratar a complexidade, Alexander utiliza a teoria dos conjuntos matemáticos para organizar a representação do problema de projeto. O objetivo final do projeto, para Alexander, centra-se na forma e a questão que se coloca para ele é como ajustar a forma ao contexto (JUTLA, 1993). Alexander enfatiza a necessidade do racionalismo ao propor a decomposição do problema de projeto em subproblemas (subsistemas ou subconjuntos), indo de questões mais complexas às mais simples, através de uma estrutura de classes conceituais hierárquicas. A decomposição hierárquica revela o assentamento de conjuntos dentro de conjuntos (sistemas dentro de sistemas), estabelecendo links ou relações entre eles. Nessa decomposição, as interações entre variáveis denotam relações causais. Quando essas interações são densas formam subsistemas hierárquicos. Para realizar uma imagem precisa da estrutura do problema é preciso compreender as interações entre os subsistemas em todos os níveis, decompondo o sistema em forma de "árvore", cujos subsistemas se unem por links causais que demonstram interações. O processo de síntese acontece ao interpretar a decomposição dos subsistemas do programa em diagramas construtivos que contêm tanto características formais, quanto funcionais.

Na década de 70, a denominada "segunda geração" da pesquisa é marcada por uma "crise" nas investigações relacionadas com a metodologia projetual. Há um reconhecimento, pelos próprios precursores do "*design methods*", do pouco sucesso da aplicação de métodos racionais, importados diretamente dos métodos "científicos" no projeto (CROSS, 2007). Isso porque se entende que a definição do problema de projeto não era suficiente para compreendê-lo principalmente porque **a própria definição do problema era, em si, um**

problema. Problemas de projetos são caracterizados então como “mal-estruturados” (SIMON, 1973) ou “perniciosos” [*wicke*d] (BUCKANAN, 1992).

Vale ressaltar que essa “crise” na investigação da metodologia projetual é diretamente influenciada pela “crise” que acontece no âmbito científico, a partir dos desdobramentos das descobertas sobre a teoria da relatividade. Há também um reconhecimento de que a objetividade não pode ser alcançada e que a verdade é relativa e depende das premissas de quem observa os fatos.

Porém, conforme bem apontado por CROSS (2007) a “crise” estabelecida na pesquisa sobre métodos de projeto possibilitou que as posteriores gerações da pesquisa (segunda e terceira geração) avançassem em busca de um maior entendimento da natureza dos problemas de projeto, abrindo caminho para novas interpretações. Nas gerações seguintes, há um reconhecimento de que não existe solução “ótima”, mas uma solução “apropriada”, e que a construção do problema é uma construção “social” (CROSS, 2007).

> “Enquanto a primeira geração de métodos de projeto estava baseada na aplicação sistemática e racional de métodos científicos, a segunda geração move-se da tentativa de otimizar e da onipotência do designer [...] para o reconhecimento das soluções satisfatórias e apropriadas [...] e um processo ‘argumentativo’ e participatório, no qual os projetistas são parceiros dos ‘donos’ do problema (clientes, consumidores, usuários, comunidades)” (CROSS, 2007, p.2, tradução nossa).

As publicações da segunda geração da pesquisa são permeadas por mea-culpa e retratações em que pesquisadores, que antes buscavam um entendimento unicamente racional do processo de projeto, procuram uma retratação para suas próprias considerações anteriormente elaboradas.

Na publicação do famoso texto de Alexander “*A city is not a tree*” (ALEXANDER, 1965) o autor observa que a estrutura da complexidade não se dá através de “árvores”. Ao comparar criticamente o desenho de cidades modernas, ditas “artificiais”, com as cidades espontâneas, o autor reconhece que as relações estabelecidas na cidade não são lineares (como em uma árvore), mas assumem uma representação extremamente mais complexa, como uma rede ou “semi-trama”. O autor, de certa forma, refuta sua abordagem simplificadora da complexidade, pretendida em sua pesquisa anterior.

É importante comentar que, nessa mesma época, o pressuposto da objetividade é questionado no âmbito do pensamento sistêmico, principalmente fomentado pelas

publicações dos biólogos Maturana e Varella referentes à teoria do observador. Tais pesquisas reconhecem a subjetividade na construção dos sistemas e compreendem que a definição do próprio sistema é algo relativo, que depende da **visão de mundo** de quem o constrói.

É também nesse momento que se busca a consolidação do projeto [*design*] como uma disciplina que "tem suas próprias coisas e tem suas próprias maneiras de conhecê-las". (CROSS, 2007, p.3). Nesse contexto a obra de Herbert Simon, "*The Science of the artificial*", escrita em 1969 (SIMON, 1996), atua como elemento central no estabelecimento do projeto como um campo específico de conhecimento. Para Simon, a ciência do artificial se difere das ciências da natureza e por isso não podem ser investigadas sob as mesmas premissas e hipóteses.

Na terceira geração da pesquisa, na década de 80, surgem importantes publicações, como as revistas "*design studies*", em 1979, e "*design issues*" em 1984, que reforçam o caráter disciplinar da pesquisa sobre "*design methods"*. Nesse momento, intensifica-se uma maior preocupação com o **aspecto cognitivo** do processo projetual, com importantes publicações tais como o livro de Bryan Lawson - "*How designer thinking*" - em 1980 e o livro de Donald Schon - "O profissional reflexivo" - em 1983.

Os subcapítulos a seguir pretendem aprofundar algumas das questões apresentadas nessa parte introdutória. Pretende-se identificar de que forma a evolução da pesquisa sobre metodologia projetual é influenciada também pela evolução que ocorre no âmbito do pensamento sistêmico, onde o sistema que antes era visto como algo externo daquele que o observa, passa a ser visto como um "sistema social" do qual participa o observador. O processo de projeto, que inicialmente é descrito através de uma trajetória linear passa a ser reconhecido através de uma trajetória recursiva e retroalimentada.

3.1. Projeto como estruturação de problemas

Como já explicitado no início deste capítulo, a primeira geração da pesquisa relacionada aos métodos de projeto buscava uma racionalização do processo de concepção no intuito de transformar a "caixa preta" na "caixa de vidro".

Na busca do entendimento do processo de concepção, há nestas pesquisas um reconhecimento de que a tarefa do projeto é **resolver problemas**. Como apontado por Dorst

(2006), a literatura acerca da resolução de problemas [*problem solving*] elaborada entre as décadas de 60 e 70 pelo promissor campo da inteligência artificial influenciou profundamente as pesquisas sobre métodos de projeto.

Nos anos 60, a visão do método de projeto que orientou a maioria das pesquisas, influenciado pelo positivismo científico e pelo pensamento analítico, descrevia-se através do modelo "**análise-síntese".** Esse modelo baseava-se no reconhecimento de que existem muitos fatores a serem considerados em um problema de projeto e que era preciso **definir o problema** antes de solucioná-lo.

Tal modelo, parte do pressuposto de que o processo de concepção se inicia com a definição de todos os elementos do problema e suas necessidades, de modo que seja possível apontar limites de desempenho para tais fatores, os quais possam ser levados em consideração. Somente após a análise de todos os requerimentos é que o projetista chega à solução do problema e à síntese da forma. Assim, acreditava-se que o processo de projeto percorria uma **trajetória linear**, com uma mínima necessidade de julgamentos, que envolvia duas fases distintas: a definição do problema (análise) e solução do problema (síntese). (DARKE, 1984; BUCHANAN, 1992, BAMFORD, 2002).

Buchanan (1992) argumenta que esse modelo pode parecer muito atrativo para os profissionais, uma vez que sugere uma precisão metodológica que foge da subjetividade do projetista e um entendimento lógico do processo de projeto. Porém, na década de 70, inicia-se uma desconfiança generalizada quanto à validade do método análise-síntese, principalmente devido à influência das publicações de Karl Popper em 1959. Popper apresenta como falsa a ideia de que uma teoria científica se inicia com a observação dos fatos (análise) (POPPER, 2005). Para Popper, uma investigação científica inicia-se por uma explanação, um problema, algo que não entendemos a partir de nossas próprias suposições (BAMFORD, 2002). O pesquisador **conjectura**, portanto, para depois analisar e procede a análise segundo um **campo de premissas**. Popper também introduz a ideia de falseamento na ciência, na qual a verdade não pode ser verificada pela observação dos fatos, mas somente pela invalidação das hipóteses. O conhecimento científico é um conhecimento provisório que poderá ser invalidado por sucessivos falseamentos. (POPPER, 2005).

Na pesquisa em projeto, os desdobramentos dessas constatações culminam na evolução do modelo análise-síntese para o modelo **conjectura-análise** (HILLIER ET AL., 1972). No âmbito do projeto, percebe-se que o projetista é resistente à racionalidade indutiva-empirista que vai da análise para a síntese, uma vez que durante o processo de concepção, o projetista simula conjecturas e, posteriormente, as analisa. O processo de concepção é entendido como um processo de **redução de variedades**, no qual um grande número de soluções possíveis é reduzido por restrições externas e pelas estruturas cognitivas do projetista.

Arquitetos, ao projetar, auto impõem-se determinados objetivos e restringem as possíveis soluções. Eles elaboram conjecturas de soluções, segundo suas próprias premissas e "visões de mundo", e só então partem para análise da mesma, testando-as frente aos requerimentos do projeto. As decisões de projeto não são tomadas até que a própria solução, em princípio, seja conhecida. Para Hillier et al (1972), conjectura e especificação do problema prosseguem lado-a-lado, e não em sequência, o que corrobora com o conceito da metodologia focada na solução, descrita por Lawson (1979).

Lawson (1979), em experimentos que estudavam a natureza do processo de projeto em arquitetura, comparou o comportamento de estudantes cientistas com os estudantes de arquitetura, na resolução de determinados problema de projeto. Nesse experimento, o autor percebe que contrariamente aos estudantes cientistas, que buscaram uma análise detalhada do problema antes de chegar a uma solução, utilizando uma estratégia **focada no problema** (*problem focusing strategy*), estudantes de arquitetura tendiam a estruturar o problema pelo **teste** de determinadas soluções, ou seja, por processos de "teste-erro-acerto", configurando uma estratégia **focada na solução** (*solution focusing strategy*). O autor concluiu que as estratégias adotadas pelos dois grupos de estudantes refletiam os métodos educacionais a que ambos eram submetidos. **Estudantes de arquitetura aprendem sobre o problema, testando soluções e percebendo quando elas não são satisfatórias.**

> "O arquiteto é educado principalmente pelo exemplo e pela prática. Ele é julgado pelas soluções que produz ao invés dos métodos que utiliza para chegar até elas. O que não acontece com o cientista, o qual é educado por uma sucessão de conceitos e só exercitado por exemplos a fim de demonstrar que ele pode aplicar estes princípios" (LAWSON, 1979, p.66, tradução nossa).

Processos de concepção analisados por Darke (1984) também corroboram para o reconhecimento de que tal método (focado na solução) é realmente praticado entre arquitetos. A autora identificou que arquitetos trabalham com o que denomina de **gerador**

primário e seguem uma sequência projetual descrita como "gerador – conjectura – análise" [*generator-conjecture-analysis*]. Na pesquisa em que analisava o processo de projeto de arquitetos, Darke (1984) percebe que anteriormente à formulação da conjectura - que seria uma hipótese de trabalho -, arquitetos tendiam a formular o que denomina de **gerador primário**. Esse gerador se configura como um grupo de conceitos relacionados que constitui um **ponto de partida** para o arquiteto, um caminho para o problema. São restrições de projeto impostas pelo próprio arquiteto, a partir de sua visão de mundo e seu campo de premissas, não necessariamente explícitos. Essas restrições podem estar relacionadas à sua interpretação com relação ao sítio, à relação do edifício com o entorno, à manutenção de certos tipos de padrões sociais. Assim, Darke (1984) conclui que o projetista está ciente dos requerimentos que deverão ser alcançados pela edificação, mas **não** os considera totalmente no início do processo. Somente quando o conceito inicial é gerado este é testado frente aos requerimentos e modificado, se necessário. **É um processo interativo e retroalimentado.**

A partir das constatações realizadas na pesquisa em projeto, passou-se a um maior reconhecimento da **complexidade** do processo de concepção**.** Durante o próprio desenvolvimento da solução de projeto, elementos do problema são reposicionados pelo projetista e novas análises são então requeridas. O processo de projeto se configura como um processo **retroalimentado** e com um forte caráter **subjetivo.**

Reconhece-se, portanto, que problemas de projeto não são problemas bem estruturados, e não podem ser completamente definidos previamente à própria solução. Problemas de projeto passam a ser reconhecidos como "mal-estruturados" (SIMON, 1984) ou "perniciosos" [*wicked*] (BUCHANAN, 1992).

O problema mal-estruturado é caracterizado por Simon (1984) como aquele que admite reestruturação através da introdução de algum novo recurso em sua resolução, que não foi definido previamente. Durante a concepção, os **problemas estão continuamente sendo redefinidos pelo arquiteto**, sendo impossível esgotá-los antes de expor uma solução. Ao definir um problema espacial, o arquiteto pode muitas vezes, durante o processo de resolução do problema, encontrar seus limites violados pela intrusão de novas alternativas que lhe são apresentadas. (SIMON, 1984). Assim não é possível, na fase de programação e análise, estabelecer um procedimento completo sobre como conceber um projeto de arquitetura. Muitas restrições aparecerão ao longo do próprio processo de projeto, exatamente pelo fato

de que não é possível tratar um grande número de informações em um único processo. Para Simon (1984), se há substancial "memória de longo prazo" relacionada a um único processo, a maioria do conteúdo dessa memória será irrelevante para algum curto intervalo deste processo.

Para Simon (1984) o projeto somente começa a se estruturar pela decomposição do problema em subproblemas de projeto, em que os requerimentos de desempenho poderão ser testados. Assim, durante um curto período de tempo e para um nível de detalhe mais particular, o arquiteto se deparará com um problema bem-estruturado. Para o autor o problema de projeto é bem-estruturado no detalhe, e mal-estruturado no global.

Simon também reflete que um subproblema, uma vez resolvido, poderá ser perturbado ou desfeito em estágio posterior, quando novos aspectos serão atendidos pelo projeto global. Tal processo acompanha toda a concepção do projeto e é tão complexo quanto a própria arquitetura. Como resultado, o próprio produto final, quando testado, pode violar alguns dos requerimentos impostos (e temporariamente satisfeitos) nos estágios iniciais do projeto. O arquiteto pode ou não permitir essa violação, assim pode-se concluir que ele **faz concessões**. Há, portanto, um reconhecimento de que a **construção do problema de projeto depende das premissas do solucionador e de decisões subjetivas. O "tomador de decisões" é um dos elementos do próprio sistema, que dele participa.**

O perigo das inconsistências ou lacunas desse processo é minimizado em parte pela habilidade do arquiteto e sua capacidade de construir o problema, o que depende de sua formação e experiência profissional, além de sua capacidade para organizar o processo, afim de que as maiores interações entre os componentes sejam levadas em consideração (SIMON, 1984).

É importante comentar que a teoria sobre problemas indeterminados já estava sendo explorada desde a década de 60 por Horst Rittel através do que denominou de problemas "perniciosos" [*wicked problems*] (RITTEL 1696 apud BUCKANAN, 1992), como alternativa ao modelo linear que se explorava na época pela pesquisa em projeto. A definição de problemas perniciosos de Rittel se aproxima da definição de problemas mal-estruturados de Simon.

Problemas perniciosos são descritos por Rittel como "uma classe de problemas de sistemas sociais que são mal formulados, onde a informação é confusa, onde há muitos clientes e pessoas que decidem com valores conflitantes, e onde as ramificações no sistema, como um

todo, são minuciosamente confusas" (Rittel, 1969, apud BUCKANAN, 1992). Para o autor, problemas de projeto são problemas perniciosos.

O problema de projeto constitui-se em conceber e planejar o que ainda não existe, desse modo se dá no contexto da **indeterminação (BUCKANAN, 1992)**. Assim, a questão da indeterminação nos problemas de projeto concorre para que as pesquisas sobre métodos de projeto também reconheçam que não é possível importar diretamente métodos científicos das ciências naturais para os processos de concepção, uma vez que os problemas das ciências naturais são determinados. Tal reconhecimento concorreu para que houvesse um desenvolvimento teórico sobre os métodos de projeto e a caracterização do projeto como uma disciplina autônoma e com premissas próprias. Observa-se nesse processo de construção que houve sempre um desejo de compreensão do **caráter** relativo aos problemas de projeto.

Na pesquisa sobre a metodologia projetual, realizada nos últimos 50 anos, é possível destacar três abordagens relacionadas à caracterização dos sistemas de projeto: o sistema orientado por metas, investigado por Simon (1997); o sistema como um processo retroalimentado, através da aprendizagem pelo fazer, investigado por Schon (1983; 2000) e o sistema construído a partir de uma "linguagem de padrões", investigado por Alexander (1976; 1981).

Os itens que se seguem procuram sintetizar essas abordagens, descrevendo como cada um dos autores constrói seu entendimento sobre o processo de concepção projetual. Nesta descrição é possível identificar claramente uma percepção sistêmica sobre o processo e o próprio objeto do projeto. Ao final do capítulo procura-se ressaltar como essas abordagens se complementam na caracterização do que se denomina projeto-baseado-no-desempenho, uma teoria contemporânea sobre a metodologia do projeto, fortemente relacionada às tecnologias digitais e que surge a partir dos novos desafios apresentados no âmbito do projeto, cuja abordagem centra-se no desempenho [*performance*].

3.2. Christopher Alexander e a linguagem dos padrões

Uma das contribuições mais visíveis da aplicação da abordagem sistêmica à concepção arquitetônica pode ser encontrada na obra de Christopher Alexander, especificamente no desenvolvimento do que denomina de "linguagem dos padrões", cujo conteúdo é apresentado em dois livros seminais publicados na década de 70, "*The timeless way of building*" (ALEXANDER, 1981) e "*A Pattern Language*" (ALEXANDER, 1977).

A tese de Alexander centra-se na ideia de que há um modo intemporal de construir, estabelecido ao longo da história da humanidade que permite que edifícios e cidades permaneçam "vivos". Um lugar que permanece vivo, na visão de Alexander, é um lugar que possui o que denomina de **qualidade sem nome**, que, apesar de parecer subjetivo para muitos, e ser de difícil mensuração, é definido por Alexander como algo objetivo, mas que carece de nome. Essa qualidade do espaço é comparada pelo autor à qualidade que estamos constantemente procurando em nossas vidas, "a busca central de todas as pessoas e a essência da história individual de cada pessoa" (ALEXANDER, 1981, p.11), referente a momentos e situações em que nos sentimos mais "vivos".

Alexander deseja descobrir qual é a descrição do "campo de forças" de um espaço, que por sua vez permite que possamos identificá-lo como um **espaço com qualidade**.

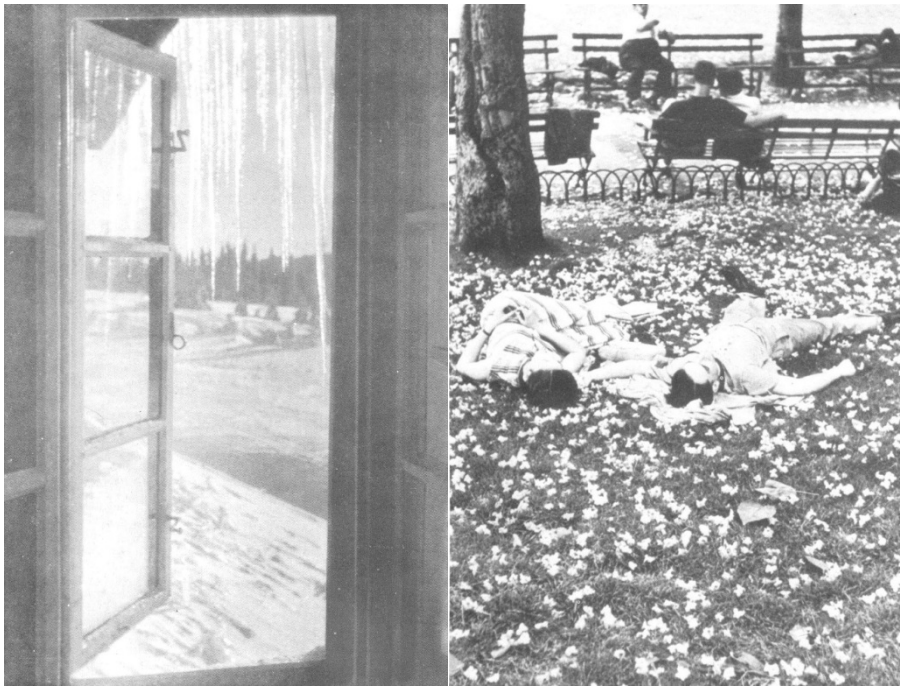


Figura 6 – "Qualidade sem nome" (esquerda) e "Estar vivo" (direita) (Fonte: ALEXANDER, 1981).

Para Alexander (1981) a qualidade de um espaço, de um edifício ou de uma cidade está relacionada aos **padrões de acontecimentos** que ali ocorrem e que, por sua vez, experimentamos. Uma cidade ou um edifício está, portanto, **governado** pelos eventos que ali ocorrem: atividades, acontecimentos, forças, situações.

> "Atividades, acontecimentos, forças, situações, o raio que cai, um peixe morre, a água flui, os amantes riem, um pastel se queima, os gatos se perseguem, um colibri se pousa em minha janela, passam os amigos, meu carro quebra, um encontro amoroso, nascem os filhos, os avós são deixados em nenhum tostão (...) Minha vida

> está composta de episódios como este (...) A vida de toda pessoa, de todo animal, de toda planta, ou seja, de qualquer criatura, está composta por episódios similares (...) O caráter de um lugar, então, é dado pelos episódios que ali ocorrem" (ALEXANDER, 1981, p.64, tradução nossa)".

Para o autor, esses padrões de acontecimentos não se restringem apenas a acontecimentos humanos, mas também a eventos que incluem **elementos mecânicos** ou **físicos** do próprio espaço, como o brilho do sol por uma janela, o vento que sopra, a luz que adentra. Assim, o **caráter** de um lugar pode ser definido a partir dos padrões de acontecimentos que ali ocorrem. A atenção se volta não somente à forma ou à geometria do espaço, mas aos **eventos inter-relacionados estabelecidos ali** que nos permitem **experimentar** o espaço. "O caráter de um lugar, então, é dado pelos episódios que ali ocorrem (...) está dado, essencialmente, pelos acontecimentos que ocorrem com maior frequência nesses lugares" (ALEXANDER, 1981, p.66, tradução nossa).

> "Aqueles de nós que nos interessamos pelos edifícios geralmente esquecemos com demasiada facilidade que toda a vida e a alma de um lugar, que todas as nossas experiências nele, não dependem sensivelmente do meio ambiente físico, mas sim dos padrões de acontecimentos que ali experimentamos [...] A vida de uma casa ou de uma cidade não está dada diretamente pela forma de seus edifícios nem por seus ornamentos e seus planos [...] está dada pela qualidade dos acontecimentos e das situações que ali encontramos" (ALEXANDER, 1981, p. 64 a 66).

Figura 7 – Padrões de acontecimentos (Fonte: ALEXANDER, 1981).

A questão que se coloca para Alexander centra-se na tarefa de compreender a relação existente entre padrões de eventos inter-relacionados com os aspectos geométricos do espaço, que combinados podem dotar o espaço de uma qualidade que os torna "vivos". Para

ele, a forma das cidades e dos edifícios provém dessa **linguagem de padrões**, ou seja, uma **organização** que combina padrões de acontecimentos a padrões de espaço. Toda a estrutura artificial, ou seja, toda a estrutura construída pela "mão do homem" origina-se dessa linguagem, dessa **combinação de padrões** (ALEXANDER, 1981).

Um padrão de acontecimento somente pode existir porque há um lugar para que aconteça, e também não se pode imaginar um lugar sem imaginar o que acontecerá ali, revelando assim a intrínseca **relação entre o fenômeno e o ambiente no qual ocorre**. Padrões de acontecimentos, portanto, estão intimamente relacionados aos padrões de espaço. Porém, conforme reflete Alexander, não se pode dizer que o padrão de espaço determina um padrão de acontecimento nem tampouco que um padrão de acontecimento determina um padrão de espaço. A relação estabelecida entre ambos é inventada e transmitida pela cultura e está **ancorada** no espaço. Espaços similares tendem a ter padrões de acontecimentos distintos em culturas distintas (ALEXANDER, 1981).

Apesar de não haver uma determinação entre padrão de espaço e padrão de acontecimento, uma vez que um mesmo padrão de espaço pode gerar acontecimentos distintos em culturas distintas, Alexander percebe que há uma relação interna fundamental entre padrões de acontecimento e de espaço. "[...] cada edifício e cada cidade surgem, em última instância destes padrões de espaços: são os átomos e moléculas com que se levantam um edifício ou uma cidade" (ALEXANDER, 1981, p.72, tradução nossa).

Alexander procura, então, compreender a **estrutura** de um edifício ou de uma cidade, em sua **essência** e de que modo essa estrutura suporta os padrões de acontecimentos contidos no espaço. Compreender a estrutura de algo significa para o autor desenvolver uma imagem simples que permita captar esse algo em sua totalidade. Nessa imagem deve ser possível compreender os padrões de acontecimento que ali ocorrem. Alexander pretende, portanto, uma teoria que apresente de maneira clara a interação entre o espaço e os acontecimentos. A estrutura do edifício, então, "está composta por certos elementos concretos e todos os elementos se relacionam com certo padrão de acontecimentos" (ALEXANDER, 1981, p.80. tradução nossa).

> "(...) cada edifício está definido por determinados padrões de relacionamento entre os elementos (...) cada região urbana está definida também por certos padrões de relações entre seus elementos (...) evidentemente então, uma grande parte da

> ‘estrutura’ de um edifício ou de uma cidade consiste em padrões de relações” (ALEXANDER, 1981, p.82 a 83, tradução nossa).

A teoria de Alexander claramente se apoia em uma abordagem sistêmica do objeto arquitetônico, como pode ser percebido na própria conceituação de **padrão**, o qual descreve por uma relação sistêmica entre elementos de um espaço. “Cada um dos padrões é uma lei morfológica que estabelece um conjunto de relações no espaço [...] dentro de um contexto do tipo X, as partes A, B, [...] estão relacionadas mediante a relação R.” (ALEXANDER, 1981, p.84, tradução nossa).

O padrão de Alexander é, ao mesmo tempo, algo que ocorre e que pode ser apreendido pela observação, como também determina uma “regra” para que possa ser novamente utilizado em outras situações.

> “Em síntese, um padrão é ao mesmo tempo uma coisa que ocorre no mundo e uma regra que nos diz como e quando criar esta coisa. É tanto um processo como uma coisa: tanto uma descrição de uma coisa que está viva como uma descrição do processo que gerará esta coisa” (ALEXANDER, 1981, p. 199, tradução nossa).

Um padrão, por sua vez, é constituído a partir dos seguintes elementos: contexto, sistema de forças e configuração. O **contexto** se refere à situação em que o padrão ocorre. O **sistema de forças** envolve as questões respondidas pelo padrão. A **configuração** envolve a organização desse sistema de forças de maneira a compor um **sistema de regras** para a composição que gerará o padrão.

Esta relação contexto x sistema de forças x configuração pode ser percebida na descrição do padrão denominado LUGAR JANELA por Alexander (1977). Nesse padrão o **contexto** é descrito da seguinte forma:

> “Em cada ambiente, onde você passe um período de tempo durante o dia, faça pelo menos uma janela para um ‘lugar de janela’ [...] É fácil pensar nesses tipos de lugares como luxo, que não pode mais ser construído [...] Na verdade, a questão é mais urgente. Esses tipos de janelas, que criam ‘lugares’ ao lado delas, não são apenas luxos, mas são necessários. Uma sala que não tem um lugar como este raramente permite que você se sinta totalmente confortável ou perfeitamente à vontade. De fato, uma sala sem um ‘lugar janela’ pode mantê-lo em um estado de tensão e conflito perpétuo não resolvido - leve, talvez, mas definitivo.” (ALEXANDER, 1977, p. tradução nossa).

Um LUGAR JANELA é um padrão que procura resolver as seguintes questões: a) as pessoas gostam de se sentar e estar confortáveis e b) as pessoas são atraídas pela luz. Desse modo o padrão procura relacionar esse **sistema de forças** formado pelas ações “sentar-se

confortavelmente" e "estar perto da luz". A configuração final do padrão pode ser descrita através de uma disposição janela x lugar para sentar, destacando a proximidade entre eles.

Tal padrão pode definir estruturas distintas de LUGAR JANELA como as representadas pela Figura 8.

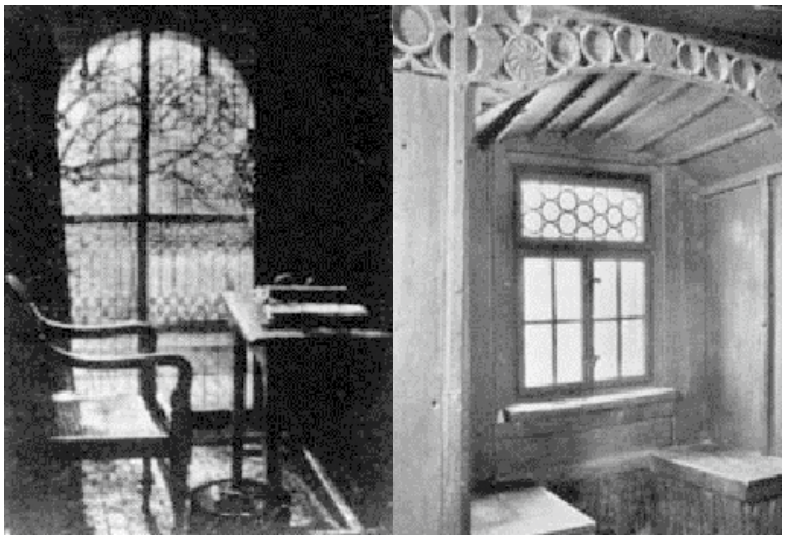


Figura 8 – "Lugar Janela" (Fonte: ALEXANDER, 1977).

Os padrões por sua vez, não necessariamente precisam ser "descobertos" pela observação, não é necessariamente algo que já aconteceu e que precisa ser compreendido historicamente. Isso para o autor suporia um "conservadorismo claustrofóbico", em que se acredita que nunca será possível descobrir novos padrões. "Um padrão é uma 'descoberta' no sentido em que se descobre uma relação entre contextos, forças e relações no espaço, que se mantém na forma absoluta. Este descobrimento pode ser puramente teórico" (ALEXANDER, 1981, p.206, tradução nossa).

> "Em todos os casos, à margem do método que se emprega, o padrão é uma intenção por descobrir uma característica invariável que diferencia bons lugares de maus lugares com respeito a um sistema de forças específico [...] O mesmo intenta captar a essência – esse campo de relações – que é comum a todas as soluções possíveis ao problema assinalado no contexto assinalado. É a invariável que se oculta por detrás da enorme variedade de formas em que se resolve o problema, mas é possível encontrar uma propriedade que seja comum a todas as soluções. Isto é o que intenta ser um padrão" (ALEXANDER, 1981, p.206, tradução nossa).

A noção de **qualidade** é estabelecida por Alexander como a capacidade de um padrão de resolver seus conflitos internos, ou seja, de resolver suas próprias regras. Para Alexander um bom padrão, assim como nos organismos humanos, está vivo, porque permanece estável, ou seja, quando permite que suas próprias forças internas se resolvam por si mesmas. São, para

o autor, **autossustentáveis**, o que significa que o caráter de integridade de um padrão não depende de valores externos a si mesmos ou inventados por outros. É um fato intrínseco à sua própria **organização**. "Quando um padrão está vivo, resolve suas próprias forças, é autossustentável e auto-criador, suas forças internas continuamente se mantém" (ALEXANDER, 1981, p.110, tradução nossa).

Isso significa que a qualidade está presente na própria organização do padrão e em sua coerência para atender a determinados objetivos. Os fatores determinantes da qualidade não são externos ao próprio padrão nem alheios a ele, como regras estilísticas, por exemplo.

Uma **linguagem de padrões,** por sua vez, é criada a partir de uma **rede de relações** existentes entre padrões individuais e pela combinação destes. Desse modo, o padrão LUGAR JANELA, combinado a outros padrões individuais, como SALA DE ENTRADA, VISÃO ZEN, SEQUÊNCIA DE ESPAÇOS PARA SENTAR, LUZ EM DOIS LADOS, SENTANDO EM CÍRCULOS (ALEXANDER, 1977) podem formar uma linguagem para a composição de uma SALA DE ESTAR de uma residência. "Cada padrão é uma regra que descreve o que deve ser feito para gerar uma entidade a qual define [...] nesse sentido um sistema de padrões forma uma linguagem" (ALEXANDER, 1981, p.152 a 153, tradução nossa).

Para Alexander, a qualidade de um padrão depende do **grau de adaptação de uma parte dentro do todo.** Cada parte deve ser capaz de atuar de forma **autônoma**, adaptando-se a seus próprios processos. Porém, a autonomia das partes não deve ser tomada individualmente, o que, para o autor, acarretaria o caos. Cada parte, desenvolvida autonomamente, deve manter uma relação maior com o todo da qual faz parte, ou seja, com a **estrutura da linguagem**. Cada parte contribui para a criação de partes mais amplas, para os sistemas e padrões necessários para a totalidade do organismo. Para o autor, assim deve ser a **geração** de edifícios e cidades.

> "Suponhamos, por exemplo, que certo edifício está constituído por cinquenta padrões. [...]. Esses padrões definem o edifício em sua totalidade. Definem sua organização em larga escala, a distribuição das habitações, a forma como funcionam os limites, a posição típica das aberturas, a maneira como se sustenta o edifício, suas fundações, sua cobertura, as janelas e seu ornamento. [...] Na realidade, esses cinquenta padrões definem a estrutura física do edifício e são responsáveis pelos acontecimentos que ocorrem no edifício repetida vezes [...] tanto os acontecimentos humanos como os acontecimentos físicos não humanos. " (ALEXANDER, 1981, p.110, tradução nossa).

A descrição que Alexander faz dessa linguagem é claramente um **sistema hierárquico**, como uma rede, composta por nós e conexões que se superpõem em níveis. Para ele, cada padrão

ou lei é em si mesmo um padrão de relações entre outras leis que são em si mesmas, também, um padrão de relações. "[...] cada padrão está aparentemente composto por coisas menores que parecem partes, mas quando as estudamos mais atentamente vemos, claramente, que essas aparentes "partes" são também padrões." (ALEXANDER, 1981, p.85, tradução nossa).

> "Os padrões não somente são padrões de relações, mas também padrões de relações entre outros padrões menores que se inter-relacionam através de outros padrões [...] e finalmente descobrimos que o mundo está totalmente composto por todos estes padrões não materiais, interconectados e entrelaçados" (ALEXANDER, 1981, p.85, tradução nossa).

> "Os elementos são padrões. Nos padrões existe uma estrutura que descreve como cada um é, em si mesmo, um padrão de outros menores. Nos padrões também existem regras que descrevem a forma com que podem ser criados e a forma com que devem ser dispostos com relação a outros padrões. [...] um padrão é um elemento e ao mesmo tempo uma regra, que descreve as possíveis disposições dos elementos [...] que também são padrões" (ALEXANDER, 1981, p. 154, tradução nossa).

A representação gráfica da natureza dos padrões é apresentada por Salingaros (2000) pela Figura 9 e Figura 10.

A Figura 9 é composta por nós e linhas. Os nós são padrões e as linhas são regras que ligam um padrão a outros. Um conjunto solto de padrões sem linhas, ou seja, sem regras, não é um sistema, já que não existem conexões. Na medida em que os padrões se combinam através de regras, passam a configurar um sistema. Assim, as regras que ligam os padrões são tão importantes como os próprios padrões. Na medida em que esses padrões se combinam de forma coerente, formam novos padrões que possuem propriedades adicionais, ou seja, propriedades emergentes que surgem a partir da combinação dos padrões. Essa combinação forma uma linguagem, descrevendo quais deles e de que maneira podem ser combinados. Essa é a linguagem dos padrões.

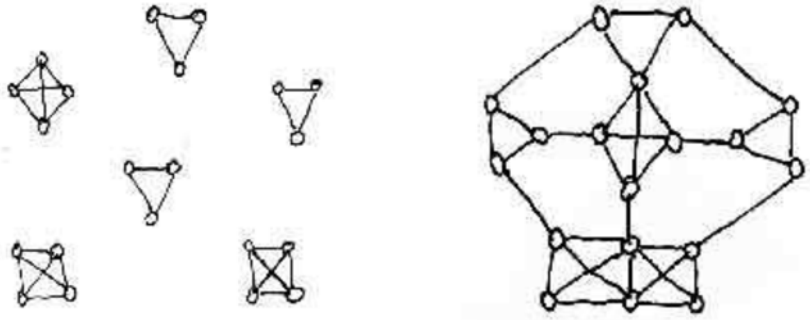


Figura 9 – Grupo individual de padrões (esquerda). Conexões organizadas de padrões, configurando-se como novos padrões em níveis mais altos, demostrando a decomposição hierárquica dos padrões, ou seja, sua linguagem (direita) (Fonte: SALINGAROS, 2000).

Nas estruturas hierárquicas dos padrões, diferentes processos ocorrem em diferentes escalas e níveis (SALINGAROS, 2000). Alguns padrões precisam de outros que são complementares, e as combinações podem ser infinitas. "A 'linguagem' gera uma rede conectiva pela qual a ordenação dos nós, em um nível, cria nós em níveis superiores" (SALINGAROS, 2000, p. 157). Essa superposição hierárquica pode ser descrita em um diagrama tridimensional tal como a Figura 10.

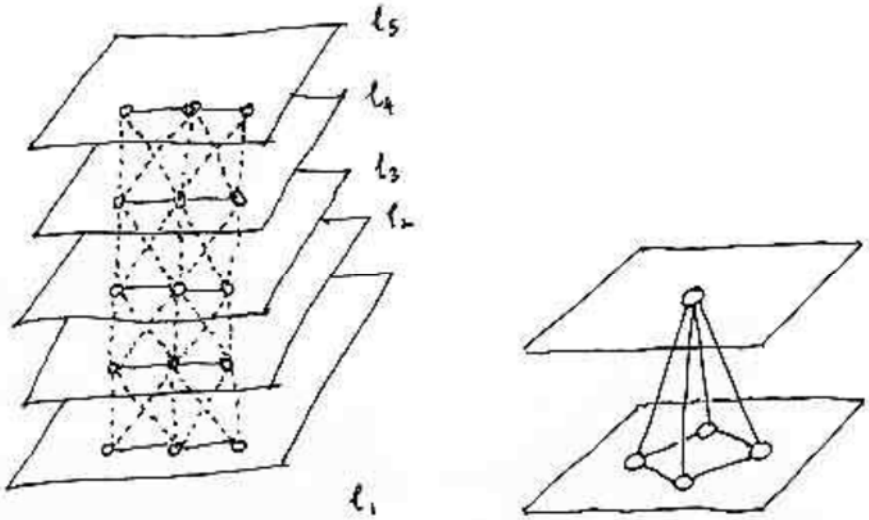


Figura 10 – conexões hierárquicas mostram como padrões de níveis mais altos depende de padrões de níveis mais baixos (esquerda). Padrões de um nível mais baixo se combinam para definir um padrão de um nível mais alto (direita) (Fonte: SALINGAROS, 2000).

Para Alexander, o padrão, por sua vez, somente pode ser compreendido, se for **contextualizado** no tempo e no espaço, o que estabelece assim a importância do **contexto** para a geração do próprio padrão.

> "[...] os padrões variam de lugar para lugar, de cultura para cultura, de época em época, todos estão feitos pela mão de homem, todos dependem da cultura. Mas ainda assim, em cada época e em cada lugar, a estrutura de nosso mundo está dada, essencialmente, por uma série de padrões que se repetem uma, outra e outra vez. " (ALEXANDER, 1981, p.90, tradução nossa).

Assim é claro perceber que, quando Alexander descobre que há uma repetição de padrões, isso é essencialmente diferente de uma repetição de partes físicas, onde se manifestam os padrões. Para o autor, podemos repetir um mesmo padrão milhares de vezes, sem que a estrutura física no qual ele se manifesta seja idêntica.

> "Quando duas janelas físicas são iguais, as relações que se manifestam com seu entorno são distintas porque os seus entornos são distintos. [...] Mas quando as relações com o entorno – seus padrões – são iguais, as janelas serão distintas, porque, as semelhanças de padrões, ao interatuar em contextos distintos, lhes tornarão distintas" (ALEXANDER, 1981, P. 127, tradução nossa).

Alexander também aponta para a **preponderância do processo** diante do gesto, na concepção arquitetônica. Para ele a qualidade sem nome, não pode ser criada, nem inventada, mas **gerada,** e surge espontaneamente do processo de concepção (ALEXANDER, 1981).

A linguagem de padrões é, portanto, uma **linguagem generativa**, uma vez que permite gerar disposições de espaços distintos, mas **coerentes com regras de combinações**. Essa linguagem permite a criação de infinitas combinações tridimensionais de padrões de espaços, tais como edifícios e cidades. "Se trata de um sistema finito de regras que uma pessoa pode empregar para gerar uma variedade infinita de edifícios diferentes – todos membros de uma família" (ALEXANDER, 1981, p. 158, tradução nossa).

> "Quando uma coisa é feita, contém a vontade de seu criador. Mas quando é gerada é livremente, mediante a operação de regras carentes de ego, que atuam sobre a realidade da situação e criam espontaneamente [...] O traço do pincel se torna harmonioso quando é visível unicamente como produto acabado de um processo, quando a força do processo toma possessão da exígua vontade de seu criador. O criador libera sua vontade e deixa que o processo aborde a situação [...] Assim, qualquer coisa viva somente pode ser alcançada, como produto acabado de um processo cuja força assume e substitui o ato deliberado de criação. " (ALEXANDER, 1981, p136, tradução nossa).

A teoria de Alexander sobre a linguagem dos padrões possui aplicações distintas e foi amplamente absorvida pela programação computacional, que a reconheceu como um

poderoso quadro teórico para o desenvolvimento de programas computacionais complexos (SALINGAROS, 2000).

Na arquitetura sua aplicação não teve o mesmo sucesso que na área da programação computacional. A maior crítica centrou-se no fato de que os padrões "descobertos" por Alexander e publicados em seu livro "*A Pattern Language*" (ALEXANDER, 1977) já não mais respondiam às necessidades contemporâneas do espaço, dos edifícios e da cidade.

Porém reconhece-se que sua grande contribuição não se centra nos padrões que o próprio autor descobriu, através da história da arquitetura e da observação da cidade, mas na definição de um método extremamente coerente para tratar e compreender a **organização de sistemas complexos**, como os sistemas de projeto, em que nitidamente percebem-se os elementos característicos do pensamento sistêmico descrito no capítulo 2 desta tese. Também se percebe uma grande contribuição na maneira como Alexander compreende o espaço arquitetônico: como um espaço que deve ser gerado a partir de "acontecimentos". Esses "acontecimentos" ou "eventos" podem também ser entendidos como relações de desempenho estabelecidas pelo espaço para aquele que o habita.

Como bem apontado por Salingaros (2000) um conjunto de padrões conectados impõem regras para o projeto, mas não o determinam, uma vez que infinitas soluções poderão ser desenvolvidas diante de um mesmo padrão. A construção da linguagem de padrões na composição arquitetônica auxilia projetistas em sua "redução de variedades", porém uma redução que deve ser orientada para a procura pela qualidade desejada para um contexto, fugindo de preconcepções estabelecidas ou regras estilísticas, colocando as necessidades humanas como questões centrais a serem suportadas na concepção do espaço.

3.3. Herbert Simon e o sistema orientado por metas

Herbert Simon ocupa uma posição central no estabelecimento do projeto como um campo de conhecimento, o que se deu principalmente pela publicação de seu livro "A ciência do artificial" em 1969.

A tarefa de Herbert Simon centrava-se na busca de uma compreensão racional dos métodos de projeto, contrapondo-se aos métodos intuitivos, nos quais não se pode conhecer a razão pelo qual se chegou a uma determinada solução. Nessa investigação, Simon considerou que

os métodos de investigação da ciência natural não eram adequados para tratar os sistemas complexos como os sistemas de projeto (SIMON, 1996).

Para Simon, enquanto a ciência está preocupada em descobrir como são as coisas, o projeto está preocupado em investigar como as coisas **deveriam ser** para **atingir metas** e para **funcionar**. A ciência elabora afirmações sobre o mundo e deduz se estão corretas através da análise. O projetista está preocupado com a síntese, e, para Simon, a introdução do termo "deveria" requer novas regras de investigação (SIMON, 1996).

> "Tradicionalmente e historicamente a tarefa das disciplinas científicas é ensinar sobre coisas naturais: como elas são e como funcionam. E a tarefa das escolas de engenharia é ensinar sobre coisas artificiais: como fazer artefatos que tenham as propriedades desejadas e como projetá-los." (Simon, 1996, pg. 111, tradução nossa).

Simon defende, portanto, o estabelecimento do que denomina de "ciência do artificial": o conhecimento sobre os objetos e fenômenos artificiais. Para Simon, se a ciência quer englobar em seus estudos objetos e fenômenos em que ambas a **finalidade humana** e as **leis naturais** estão incorporadas, então deve ter meios para **relacionar esses dois componentes distintos.** Para isso é necessário compreender o **caráter** desses meios e suas implicações para determinadas áreas, como a economia, a psicologia e o projeto particularmente. Simon defende assim o estabelecimento de uma ciência do artificial, que se preocupe mais com a síntese do que com a descrição (análise) (SIMON, 1996).

Uma **tarefa de projeto** *[design]* é descrita pelo autor como aquela em que se elaboram **planos de ação** que visam uma **mudança de uma situação existente para uma situação preferida**. Nessa investigação sobre a "ciência do artificial", Simon analisa os termos envolvidos na concepção do artefato - o artifício humano - e conclui que "coisas artificiais" podem ser caracterizadas em termos de **funções, metas e adaptação**.

O autor estabelece uma lógica para a compreensão de um fenômeno artificial baseada em **métodos de otimização**, caracterizados pelo autor como métodos de alto rigor de inferência, desenvolvidos na teoria de decisão estatística e ciência do gerenciamento, que adquirem grande importância na teoria de projeto da engenharia na década de 60.

É baseado nessa lógica que Simon caracteriza o artefato, a partir de três termos: o **propósito** ou objetivo do artefato, seu **ambiente interno**, ou seja, seu caráter, sua substância, sua organização interna e o **ambiente externo,** o contexto no qual ele atua.

O “ambiente interno” do problema de projeto é caracterizado por alternativas possíveis de ação, as variáveis que o compõe e que definem domínios e significados do próprio objeto. O “ambiente externo” é representado por uma série de parâmetros do contexto, que se conhece com certeza ou em termos de distribuição probabilística. Os objetivos de adaptação do ambiente interno ao ambiente externo são definidos por funções de utilidade suplementadas por um número de restrições. A lógica da otimização de um determinado problema de projeto é encontrar um conjunto de valores admissíveis para o ambiente interno, (a organização do próprio sistema) compatíveis com as restrições do contexto e que maximize as funções de utilidade para os valores dados dos parâmetros do ambiente externo. (SIMON, 1996).

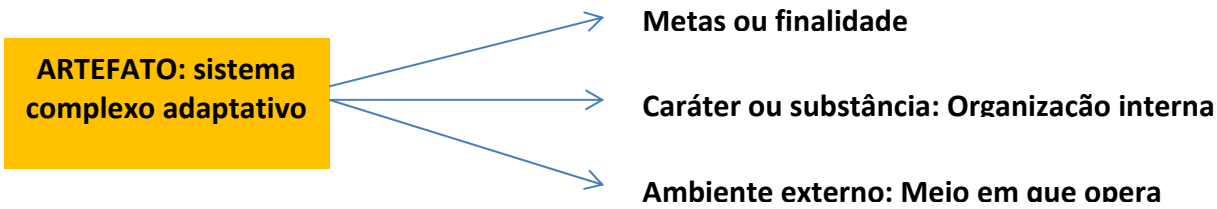


Figura 11 – Termos envolvidos na concepção do artefato, segundo Simon (1996). Fonte: autora.

O processo de projeto é entendido por Simon como um processo de **escolha de alternativas**, através da **otimização**, dentre as possíveis alternativas que se apresentam e que permitam uma organização que possa responder da melhor maneira possível aos parâmetros de um ambiente externo e suas restrições, a fim de alcançar metas e objetivos desejados.

Desse modo, o artefato é visto, para Simon, como uma **“interface”** entre o “ambiente interno”, a substância e organização do próprio artefato e o “ambiente externo”, a vizinhança no qual ele opera. O ambiente, por sua vez, é visto como **“molde”** para a concepção do artefato. Para o autor, “**se o ambiente interior é apropriado ao ambiente exterior, ou vice-versa, o artefato servirá à sua finalidade”** (SIMON, 1996, p.6, tradução nossa).

Para Simon, uma ciência do artificial permite que sejamos capazes de caracterizar as principais propriedades do sistema e seu comportamento, sem que precisemos elaborar os detalhes tanto do ambiente exterior quanto do ambiente interior. **A ciência do artificial está focada então na interface como sua principal fonte de abstração e generalidade** (SIMON, 1996).

O sistema de projeto descrito, para Simon, é um **sistema orientado por metas (*goal-seeking*)**. A tarefa central do projeto assim entendida centra-se na escolha racional, entre alternativas possíveis, daquela que melhor satisfaz determinados objetivos. Dada a complexidade dos

sistemas de projeto, na maioria das vezes, isto é uma tarefa extremamente difícil, devido à enorme quantidade de variáveis envolvidas. Uma ciência do artificial está preocupada, portanto, com o conjunto de técnicas que permita elaborar essa escolha.

Uma das questões centrais do processo de concepção está exatamente no lidar com a complexidade existente no próprio processo. Para Simon, uma maneira eficiente de tratar essa complexidade se dá pelo que denomina de **decomposição hierárquica**, que constitui, segundo ele, a "forma" do projeto.

Um sistema complexo para Simon é aquele composto por "uma série de partes que possuem muitas interações" (SIMON, 1996, p. 184, tradução nossa). Sistemas complexos, por sua vez, podem ser construídos através de uma **hierarquia de níveis**, como em caixas dentro de caixas. A ideia básica apresentada pelo autor é que vários componentes de um sistema complexo desempenham funções particulares e que estas contribuem para o funcionamento total do sistema. Um sistema hierárquico é composto de subsistemas inter-relacionados, cada um destes sendo, por sua vez, hierárquicos em suas estruturas, até que se chegue a um nível mais baixo de um subsistema primário. (SIMON, 1996). Para o autor essa decomposição em **componentes funcionais** não é única e existem diversas alternativas para realizá-la.

Simon atenta para o fato de que nem sempre existe uma relação de subordinação na decomposição, ou seja, nem sempre alguém é "chefe" de alguém. Assim, o autor define dois tipos de sistemas hierárquicos: sistemas hierárquicos que apresentam uma hierarquia em sua estrutura, com inter-relações, mas nem sempre de subordinação, e sistemas hierárquicos formais, aqueles nos quais os subsistemas apresentam relações de subordinação.

Analisando essa descrição é importante ressaltar que o diagrama resultante dessa decomposição hierárquica nem sempre ocorre de forma linear e as inter-relações existentes entre os componentes podem se estruturar em forma de "rede" ao invés de "árvore".

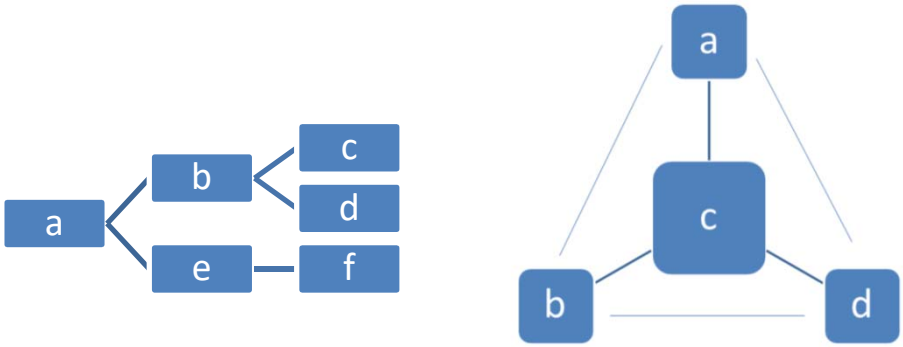


Figura 12 - Decomposição Hierárquica linear, onde existem relações de subordinação entre os componentes (esquerda) x Decomposição Hierárquica em Rede, onde não existem relações visíveis de subordinação (direita) (Fonte: autora).

Simon argumenta que "para conceber uma estrutura complexa, uma poderosa técnica é descobrir maneiras viáveis de decompô-la em componentes semi-independentes que correspondem às várias partes funcionais". Desse modo, cada componente pode ser desenvolvido com algum grau de independência da concepção dos outros componentes, "uma vez que cada um vai afetar os outros, principalmente, através de suas funções e independente dos mecanismos que realizam a função" (SIMON, 1996, p. 128, tradução nossa).

O sistema de Simon, ao ser caracterizado por um sistema orientado por metas, necessita que as mesmas sejam conhecidas antes de se proceder à solução. O processo de concepção consiste em "alcançar o ótimo" a partir daquilo que se apresenta. É exatamente por essa visão racionalista sobre o processo do projeto, entendido como um sistema orientado por metas que Simon tem sido alvo de críticas. Para se construir esse sistema faz-se necessário definir as metas a priori do processo de concepção, o que deixa implícita uma trajetória linear "análise-síntese". Porém, o próprio autor reconhece a subjetividade do processo e elabora discussões sobre problemas que não podem ser definidos previamente à própria concepção do projeto. (MENG, 2008). Isso pode ser identificado nas duas edições revisadas de seu livro, posteriores ao lançamento da versão original de "Ciência do Artificial", e na formulação de sua teoria sobre os problemas mal-estruturados, já discutidos anteriormente.

Simon reconhece que muitas vezes "alcançar o ótimo" não é possível, quando as alternativas de projeto não estão dadas, mas deverão ser **sintetizadas**, ou seja, quando não é possível escolher, dentre as possíveis alternativas, a melhor, mas é preciso encontrar alternativas

satisfatórias e comparar situações. A lógica se volta então para a escolha de alternativas **satisfatórias** e não ótimas (SIMON, 1996).

É exatamente nessas situações que os problemas de projeto são mal-estruturados, uma vez que **não** se conhecem as metas no início do processo, ou seja, são problemas cuja estrutura não se conhece antecipadamente. As metas serão formuladas ao longo do próprio processo, a partir de um processo de aprendizagem "através do fazer" (SIMON, 1996, p. 105). As descobertas a respeito das metas são elaboradas ao longo do processo.

Esse é o caso de processos de projeto, onde, durante o próprio processo, **propriedades emergentes** que não foram consideradas no início do processo, são trazidas à tona. Tais propriedades podem configurar **novas metas** redefinindo aquelas previamente selecionadas. É uma situação muito comum nos processos de projeto da arquitetura, do urbanismo e do planejamento social, como bem exemplifica Simon ao comparar o processo de projeto a um processo de pintura a óleo (SIMON, 1996).

> "Elaborar projetos complexos que são implementados por um longo período de tempo e continuamente modificados no curso da implementação tem muito em comum com uma pintura a óleo. Em uma pintura a óleo uma nova mancha de pigmento colocada sobre a tela cria novos tipos de padrões que provêm uma fonte contínua de novas ideias ao pintor. O processo de pintar é um processo de interação cíclica entre o pintor e a tela no qual as metas atuais levam as novas aplicações de tinta, as quais gradativamente mudam os padrões e sugerem novas metas" (SIMON, 1997, p. 163, tradução nossa).

Para Simon, em situações indeterminadas como essas, a ideia de estabelecer metas finais é inconsistente com a nossa habilidade limitada de prever o futuro. "O resultado real de nossas ações é estabelecer **condições iniciais** para a próxima fase sucessiva de ação" (SIMON, 1996, p.163). Assim pode-se dizer que metas previamente estabelecidas são como **bases onde caminhar** e poderão ser **reposicionadas** ao longo do processo de projeto.

Também é o caso, como apontado por Simon, em que a própria atividade de projeto é uma **atividade de valor**. Ou seja, **a meta é a própria atividade de projeto**.

> "O ato de visualizar possibilidades e elaborá-las é em si mesmo, uma experiência prazerosa e valiosa. Assim como planos realizados podem ser fontes de experiências, novas perspectivas se abrem a cada passo no processo de projeto [...] projeto, como a ciência, é uma ferramenta para entender, bem como para agir." (SIMON, 1996, p. 164, tradução nossa).

É exatamente sobre esse reconhecimento da atividade de projeto como uma atividade de valor e como **formadora de conhecimento** que Donald Schon (1983; 2000) elabora sua teoria sobre "conhecer-na-ação" e "refletir-na-ação", tema que será discutido a seguir.

3.4. Donald Schon e o processo de conhecimento cibernético.

É sobre os problemas práticos do mundo, que não se apresentam de forma bem delineada, que Donald Schon pretende tratar em sua teoria sobre o "profissional reflexivo" (SCHON, 1983; 2000).

Para Schon tais problemas não podem ser solucionados unicamente através da racionalidade técnica, derivada da filosofia positivista, na qual o profissional "soluciona problemas instrumentais, selecionando os meios técnicos mais apropriados para o propósito específico [...] através da aplicação da teoria e da técnica derivadas de conhecimento sistemático, de preferência científico" (SCHON, 2000, p.15).

Para o autor, os problemas da prática são definidos como estruturas caóticas e indeterminadas. É fácil, por exemplo, saber como construir uma estrada, mas difícil saber **qual** estrada construir (SCHON, 2000). Nesse momento, a aplicação unicamente do conhecimento técnico não é suficiente, uma vez que envolve variáveis de ordens diversas, em que a própria construção do problema é "problemática" (DEWEY, 1938 apud SCHON, 2000).

É exatamente nesse tipo de situação que a posição do sujeito na construção do problema é fundamental. A definição do problema apresenta a visão de mundo de quem o constrói e depende de seus "antecedentes disciplinares" (SCHON, 2000). Assim é possível dizer que **cada observador aborda a situação problemática de um modo diferente**. Sobre esta essa questão Schon reflete que:

> "quando um profissional define um problema, ele escolhe e nomeia os aspectos que irá observar [...] através dos atos complementares de designação e concepção, o profissional seleciona os fatos aos quais se ater e os organiza, guiado por uma apreciação da situação que dá a ela coerência e estabelece uma direção para a ação." (SCHON, 2000, p.16).

Muitas vezes uma situação problemática é um caso único, que não possui precedentes, cuja solução depende geralmente do **improviso** e do **teste** de "estratégias situacionais" que o próprio observador produz. Também é muito comum que a "situação problemática" apresente conflitos de valores. Profissionais não apenas resolvem problemas técnicos, mas

também conciliam, integram e escolhem apreciações conflitantes de uma situação (SCHON, 2000).

> "Essas zonas indeterminadas da prática – a incerteza, a singularidade e os conflitos de valores – escapam aos cânones da racionalidade técnica. Quando uma situação problemática é incerta, a solução técnica de problemas depende da construção anterior de um problema bem-delineado, o que não é em si uma tarefa técnica. Quando um profissional reconhece uma situação como única não pode lidar apenas aplicando técnicas derivadas de sua bagagem de conhecimento profissional. E, em situações de conflito de valores, não há fins claros que sejam consistentes em si que possam guiar a seleção técnica dos meios". (SCHON, 2000, p.17).

Schon reconhece, portanto, que essas "zonas indeterminadas da prática" são exatamente as que mais se apresentam aos profissionais, principalmente nas últimas décadas, cujas situações cotidianas apresentam problemas complexos que escapam de uma solução técnica e linear e configuram-se como problemas sistêmicos, caóticos e indeterminados. O autor comenta ainda sobre a frustração dos profissionais em corresponder às expectativas da sociedade com relação ao seu desempenho. "Eles enfatizam sua falta de controle sobre os sistemas mais amplos pelos quais são tidos injustamente como responsáveis. Ao mesmo tempo, chamam a atenção para a disparidade entre as divisões tradicionais do trabalho e as complexidades da sociedade atual, em constante mudança" (SCHON, 2000, p.18).

Para Schon, os pressupostos de que a pesquisa acadêmica rende conhecimentos úteis e que o ensino prepara os profissionais para a prática cotidiana, estão sendo cada vez mais questionados. O autor comenta que tanto estudantes quanto professores mostram cada vez mais claramente suas preocupações quanto ao distanciamento entre o conhecimento que é ensinado nas escolas e as competências exigidas dos profissionais na prática cotidiana.

Na perspectiva da racionalidade técnica, os profissionais preocupam-se com problemas instrumentais, ou seja, buscam meios adequados para atingir metas fixas e não ambíguas. "A competência profissional consiste na aplicação de teorias e técnicas derivadas da pesquisa sistemática, preferencialmente científica, à solução de problemas instrumentais da prática" (SCHON, 2000, p.37).

Para o autor, porém, a grande questão não respondida pela racionalidade técnica centra-se nos problemas cujas metas não são conhecidas, e estão nas zonas de incerteza e indeterminação. É exatamente na busca dessas respostas que Schon se preocupou com o tipo de conhecimento que envolve a competência de alguns profissionais, caracterizados como

“perspicaz”, “talentoso”, “intuitivo”, e que possuem determinado “talento artístico”, ou seja, elevado desempenho na resolução de problemas complexos e indeterminados. Para Schon uma epistemologia da prática pode nos aproximar do tipo de desempenho que queremos compreender. O estudo da prática, através da reflexão, pode gerar novos conhecimentos. Sobre isso Schon comenta:

> “Não deveríamos começar perguntando de que forma podemos fazer melhor uso do conhecimento oriundo da pesquisa, e sim o que podemos aprender a partir de um exame cuidadoso do talento artístico, ou seja, a competência através da qual profissionais dão conta de zonas indeterminadas da prática – ainda que esta competência possa estar relacionada à racionalidade técnica” (SCHON, 2000, p. 22).

Schon propõe então uma aprendizagem pelo fazer, que pode ser alcançada através de um processo que denomina de **conhecer-na-ação e refletir-na-ação.**

O **conhecer-na-ação** refere-se aos tipos de conhecimentos que revelamos nas nossas ações “inteligentes”. O ato de conhecer está **na** ação. Schon reflete que o conhecimento que adquirimos na ação é por vezes difícil de ser descrito (andar de bicicleta, por exemplo), mas que, se fizermos o exercício de observar e refletir sobre nossas ações, poderemos elaborar uma descrição sobre o saber tácito que nelas está implícito. “Qualquer que seja a linguagem que venhamos a empregar, nossas descrições do ato de conhecer-na-ação são sempre **construções** [...] o processo de conhecer-na-ação é dinâmico, e os ‘fatos’, os ‘procedimentos’ e as ‘teorias’ são estáticos” (SCHON, 2000, p.31).

Esse tipo de conhecimento envolve contínuas detecções e correções de erros através da experiência, que nos leva a uma “atividade inteligente”. Neste tipo de conhecimento (prático-reflexivo) o “**conhece**r sugere a qualidade dinâmica de **conhecer-na-ação**, a qual, quando descrevemos, convertemos em conhecimento-na-ação” (SCHON, 2000, p.32).

O ato de conhecer-na-ação envolve outro ato que acontece simultaneamente: a **reflexão-na-ação**. O conhecer-na-ação, adquirido através das experiências, sejam elas agradáveis ou não, contém certos elementos “surpresas”, ou seja, algo que ocorre em desacordo com nossas expectativas. A partir do reconhecimento desses elementos podemos responder através da reflexão sobre a ação. “Podemos refletir sobre a ação, pensando retrospectivamente sobre o que fizemos, de modo a descobrir como nosso ato de conhecer-na-ação pode ter contribuído para um ato inesperado” (SCHON, 2000, p.32). O ato de refletir sobre a ação não necessariamente deve ocorrer **após** a ação, de modo que não se possa mais agir sobre ela,

mas pode ocorrer **na** ação, onde “nosso pensar serve para dar nova forma ao que estamos fazendo, enquanto ainda o fazemos” (SCHON, 2000, p.32).

O processo de conhecer-na-ação e refletir-na-ação é um processo de “tentativa e erro”, muito comum em processos de projeto. Schon reflete que as tentativas por sua vez não são aleatórias, mas relacionam-se umas com as outras. “A reflexão sobre cada tentativa e seus resultados prepara o campo para a próxima” (SCHON, 2000, p.33).

O processo de conhecer-na-ação e refletir-na-ação descreve-se através de um sistema **retroalimentado** pelas informações obtidas no próprio processo de fazer, conhecer e refletir. Uma síntese desse processo é descrita pelo autor através do processo que se segue. Em uma **situação de ação** trazemos respostas espontâneas e rotineiras. Tais respostas revelam um processo de **conhecer-na-ação**, um processo tácito, espontâneo, sem deliberação consciente. As respostas rotineiras ou habituais podem produzir surpresas, um **resultado inesperado**, que não se encaixa nas categorias do nosso “conhecer-na-ação”. A surpresa nos leva à **reflexão dentro do presente-da-ação**. A reflexão é consciente e tem **uma função crítica** que questiona a estrutura de pressupostos do conhecer-na-ação. Pensamos criticamente sobre a situação inesperada que nos é apresentada e **reestruturamos nossas estratégias de aç**ão, nossa compreensão do fenômeno e nossa forma de conceber o problema. Tal reflexão nos leva a uma **experimentação imediata.** Experimentamos novas ações com o objetivo de **testar** nossas compreensões experimentais sobre determinado fenômeno. Esses experimentos por sua vez podem funcionar ou produzir novas surpresas que exijam novamente a reflexão e a experimentação (SCHON, 2000).

Pode-se assim dizer que o conhecer-na-ação e refletir-na-ação, investigado por Schon, descreve-se através de um **sistema cibernético**, em que o fazer, o conhecer, o refletir e o agir se dão através da informação (pela experiência do conhecer-na-ação), detecção e ajuste (pela reflexão-na-ação), em um ato dinâmico e interativo, que envolve processos de retroalimentação.

Na prática cotidiana de um profissional, há dois tipos de situações distintas caracterizadas pelo autor. A primeira situação é aquela em que o profissional se depara com situações familiares em que pode resolver o problema através da aplicação de regras e procedimentos derivados de seu conhecimento profissional. Nesse caso a abordagem da racionalidade

técnica é suficiente para resolver problemas que se apresentam bem estruturados. A segunda acontece quando o profissional se depara com situações em que os problemas não são claros e não há uma equivalência óbvia entre a situação que se apresenta e o conhecimento técnico disponível. É exatamente nessas zonas de incerteza que se sobressai o profissional "talentoso", que para Schon, é caracterizado pelo profissional que consegue estabelecer reflexões-nas-ações que transcendem a aplicação de regras, teorias e técnicas de seu conhecimento profissional, respondendo a situações inesperadas através da reestruturação de suas estratégias e de sua percepção sobre o problema, experimentando novas maneiras de abordar a situação para testar novas compreensões. Esse **profissional reflexivo "**comporta-se mais como um pesquisador tentando modelar um sistema especializado do que como um 'especialista' cujo comportamento é modelado" (SCHON, 2000, p.39).

Para Schon a visão da reflexão-na-ação é uma **visão construcionista da realidade**, da qual **participa** o profissional. Nessa visão, as crenças desse profissional e suas apreciações estão enraizadas em sua visão de mundo. De outro lado, a visão da racionalidade técnica é uma visão objetivista da relação entre o profissional e a realidade que ele conhece, em que o conhecimento profissional baseia-se em um alicerce de fatos observados.

A reflexão-na-ação de Schon faz uma referência clara aos sistemas cibernéticos preconizados pela cibernética de segunda ordem, que coloca o observador como parte integrante do sistema, o qual é construído segundo sua própria visão de mundo e a partir de uma realidade que se apresenta.

> "Quando os profissionais respondem a zonas indeterminadas da prática, sustentando uma conversação reflexiva com os materiais de suas situações, eles refazem parte de seu mundo prático e revelam, assim, os processos normalmente tácitos de construção de uma visão de mundo em que se baseiam toda a sua prática" (SCHON, 2000, p.39).

Pode-se entender este processo recursivo de **ação-conhecimento-reflexão-e-ação** como um processo fundamental no qual se baseia o método denominado projeto-baseado-no-desempenho, uma abordagem contemporânea da concepção projetual, desenvolvida na última década, cujo processo é altamente mediado pela informação e pela tecnologia digital. Essa abordagem será discutida a seguir.

3.5. Projeto baseado-no-desempenho

O grande foco da pesquisa em métodos de projeto nos últimos 50 anos, centrou-se no processo de concepção e contribuiu para a compreensão de como seres humanos realizam complexas atividades cognitivas (DOORS, 2008).

Para Doors (2008) ainda há muitas questões em aberto a serem respondidas, tais como uma definição sobre a **qualidade** que esses métodos podem atender. Para o autor um entendimento mais aprofundado da atividade de projeto pode ser construído ao se considerar todos os aspectos do projeto, construindo um novo tipo de pesquisa no qual o **processo** e o **conteúdo** da atividade de projeto, ou seja, aquilo que se projeta, estão conectados com o modelo de profissional de **projeto** e o **contexto** no qual o projeto acontece.

Essa preocupação reflete o desejo de considerar o projeto como formador de conhecimento, não apenas pelo processo, mas também pelo **produto resultante do processo** e sua interação com o contexto. A mesma preocupação é apontada por CROSS (1982) ao criar o conceito de "*designerly ways of knowing*" e defender o projeto como forma de conhecimento específico, que se difere da ciência e das humanidades. Para o autor o projeto, enquanto disciplina, possui como preocupação central a "concepção e realização de novas coisas", coisas artificiais, feitas pelo homem e que ainda não existem na natureza. Nesse sentido, tanto o processo do projeto [*design process*] quanto o produto do projeto [*design product*] são formadores de conhecimento em projeto (CROSS, 1982).

O autor também reconhece que a pesquisa sobre o conhecimento em projeto, realizada nos últimos 50 anos, centrou-se basicamente no processo, mas que existe uma importante forma de conhecimento incorporado no **produto** do projeto. "Objetos são formas de conhecimento sobre como satisfazer certos requerimentos, como desempenhar certas tarefas" (CROSS, 1982, p.225, tradução nossa). Para o autor, o conhecimento explícito sobre o objeto e seu funcionamento se torna disponível, mas geralmente nesse caso a "invenção vem antes da teoria" (PYE, 1978 apud CROSS, 1982) e o mundo do "fazer" vem antes do entendimento.

Uma importante reflexão sobre esse assunto é apresentada por Steadman (2008), que aponta para o grande equívoco da pesquisa em métodos de projeto [*design methods movement*] na aplicação do pensamento racional e científico como algo que envolveria tornar o processo de projeto em si mesmo "científico". Por outro lado, o autor acredita que isso não significa que

aplicar o pensamento racional na pesquisa sobre os problemas de projeto não pode contribuir para melhorar tanto o processo quanto seu resultado final. Para o autor, a racionalidade pode ser alcançada não pela tentativa de tornar o processo mais "científico", mas submetendo os **produtos** do projeto (materiais, artefatos e especialmente edifícios) a um estudo científico.

Para Steadman, uma investigação empírica e uma análise teórica trazem os produtos materiais da arquitetura para o escopo do que Herbert Simon define como "ciência do artificial". O autor enfatiza que as pesquisas em "ciência da construção" [*building Science*] representam uma "ciência do artificial" [*sciences of the artificial*] dedicada à arquitetura. Porém, para o autor, a ciência da construção ainda se constitui em estudos disciplinares fragmentados sobre seus componentes, elementos estruturais e comportamento ambiental relacionado ao calor, iluminação e som. Há, assim, uma grande oportunidade de integrar esses campos de interesse da ciência da construção de modo a considerar características mais "arquitetônicas", tais como a organização geométrica de suas partes e de sua estrutura, suas relações topológicas, entre outras.

Para Doors (2008), um momento de mudança acontece na prática do projeto, influenciado pela globalização, pela era digital, e pelo imperativo de se criar um mundo sustentável. O autor considera que todas essas questões colocadas em conjunto, levam a um enorme aumento de **complexidade dos desafios** apresentados aos profissionais de projeto.

Em consequência da situação apresentada, observa-se que a prática profissional precisa mais do que nunca **incorporar informações das pesquisas em sua prática profissional, e em simultaneidade as pesquisas precisam contribuir mais objetivamente para que as atividades práticas evoluam.**

Esse mesmo argumento é também defendido por KALAY (1999) que propõe um novo olhar sobre a pesquisa em projeto de arquitetura, através da mudança de questionamento de **como** os arquitetos projetam, para **o que** eles produzem quando projetam. Para o autor essa pergunta pode ser respondida através da noção de desempenho [*performance*] e da abordagem do projeto-baseado-no-desempenho [*performance-based-design*]

O projeto-baseado-no-desempenho pode ser entendido como um método que une a preocupação com o processo do projeto ao próprio **conteúdo** que esse processo gera, o que abre novas abordagens para o projeto da arquitetura. Para Oxman (2008a) tal método pode

ser conceituado como uma “abordagem na qual o desempenho do edifício se torna o fator de orientação no projeto”. Trata-se da “exploração da simulação de desempenho do edifício para modificação de sua forma geométrica a fim de aperfeiçoar um projeto candidato” (OXMAN, 2008a, p.3, tradução nossa).

No contexto dessa abordagem a noção de desempenho é objeto de consideração por alguns autores. Para Kalay (1999), a noção de desempenho deriva do argumento de que “a relação entre forma e função é baseada-no-contexto, ao invés de baseada-na-causalidade” (KALAY, 1999, p.396). Assim, projetar-baseado-no-desempenho significa combinar forma, função e contexto para determinar o **comportamento** de uma solução proposta. Para o autor esse método envolve processos avaliativos que objetivam maximizar esta relação forma, função, contexto.

> “A concepção se torna, portanto um processo interativo de exploração, no qual características funcionais desejadas são definidas, formas são propostas e um processo de avaliação é utilizado para determinar a conveniência da confluência de forma e função, em um determinado contexto” (KALAY, 1999, tradução nossa).

Uma das grandes questões discutidas no âmbito do projeto-baseado-no-desempenho é focada na investigação da **tecnologia digital como formadora de conhecimento** e sua contribuição para o próprio processo de **concepção, geração e avaliação da forma** e não somente para a representação do projeto como tem sido abordada tradicionalmente. A esse tipo de processo Oxman (2006) nomeia “projeto digital” no qual o processo de formação do objeto é altamente mediado pela tecnologia digital, e a posição do projetista permanece ainda como central.

A questão da simulação digital como formadora de conhecimento já era discutida por Simon em 1969. Para o autor a questão central a ser explorada sobre a simulação, está na descoberta de **como a simulação pode prover novos conhecimentos.** (SIMON, 1996).

Segundo Oxman (2006), a evolução do projeto digital como campo de atividade de projeto e produtor de **classes exclusivas** de projeto é um fenômeno que tem se afirmado na última década. Para a autora, entre os significados que o projeto digital tem estabelecido para a teoria do projeto, um dos mais importantes está exatamente que esse projeto altamente mediado tem influenciado a metodologia do projeto e contribuído para processos de projeto-baseado-no-desempenho. Nesse sentido a autora apresenta como hipótese que o projeto

digital pode ser conhecido como uma **nova forma de projeto** e não apenas um projeto convencional realizado com novas mídias.

Oxman ainda reflete que a habilidade dos modelos digitais em estabelecer uma maior conexão entre concepção e materialização possibilita também uma maior profundidade de **contextualização e desempenho**. Mais do que qualquer outro conceito, **entender e acomodar a complexidade** parece ser uma das características fundamentais do projeto digital (OXMAN, 2006).

O mesmo argumento é defendido por Mitchell (2005) que aponta para o fato de que os meios digitais possibilitaram **tratar complexidades ainda não possíveis** no que denomina de "modo convencional modernista". O que antes era materializado no desenho, agora é materializado em **informação digital**. Enquanto alguns arquitetos exploram a tecnologia digital para reduzir tempo e custo, há também aqueles que têm explorado as possibilidades digitais para investigar novas possibilidades formais e espaciais, em "projetos que quebram as regras antigas" (MITCHELL, 2005 p. 42).

Artigos publicados por Oxman na última década (2006, 2008a e 2008b) contribuem para o entendimento da **evolução do projeto digital** ocorrido nos últimos anos e estabelecem uma importante **categorização** dos modelos digitais. Cabe, neste momento, elaborar uma síntese dos modelos descritos pela autora, de forma a promover um melhor entendimento do processo contemporâneo de projeto-baseado-no-desempenho, que surge a partir dos novos modelos digitais estabelecidos.

Na caracterização do projeto digital, Oxman (2006) considera cinco "classes paradigmáticas" de modelos de projeto digital, que serão descritas a seguir.

a) Modelos CAD [CAD models]
b) Modelos de formação [formation models]
c) Modelos generativos [generative models]
d) Modelos de desempenho [performance models]

3.5.1. Modelos CAD [*CAD models*]

O modelo CAD tradicional apresenta o primeiro rompimento com o desenho convencional baseado-no-papel [*paper-based*], caracterizando-se pela automação das representações

formais em 2D e 3D. Para Oxman (2006) esses modelos caracterizam-se como descritivos. O tradicional do CAD se resume em manipular as representações gráficas dos modelos digitais e, portanto, tem pouca influência sobre os métodos de projeto.

Para Nardelli (2007), os sistemas CAD se configuram como um método que migra o fazer tradicional arquitetônico para o ambiente digital, mimetizando a "prática da prancheta", através de rotinas automatizadas. Tais rotinas provocaram mudanças no processo de desenvolvimento do projeto, mas influenciaram pouco a maneira como a forma é gerada.

Dentro dos Modelos CAD há ainda aqueles que possibilitam a avaliação e podem ser definidos como avaliativos ao invés de simplesmente descritivos, como os modelos tradicionais. Tais modelos possuem processos de avaliação analítica em CAD, geralmente associados a estimativa de custos, comportamentos estruturais e desempenho ambiental. Para Oxman (2006), a complexa construção da estrutura de dados que suporta processos avaliativos avançados contribui para a colaboração entre os diversos participantes da equipe de projeto, por exemplo, entre arquitetos e engenheiros estruturais. Nesse modelo há um banco de dados compartilhado entre representação e avaliação e, a cada mudança na representação digital, uma nova avaliação pode ser realizada.

3.5.2. Modelos de formação digital [*formation models*]

Segundo Oxman (2006), os conceitos tradicionais relacionados à representação baseada-no-papel não são mais conceitos válidos para explicar o pensamento e os processos metodológicos relacionados ao projeto digital. Segundo a autora o formalismo do projeto digital move-se da "abstração estática" para conceitos dinâmicos, nos quais técnicas digitais avançadas não apenas modificam os modos de representação do projeto, mas forjam novas bases para o pensamento em projeto. Assim, liberada da lógica convencional de representação, essa emergente teoria do projeto transformou o conceito de forma no conceito de **formação.**

O **modelo de formação digital** caracteriza-se pela substituição da experiência visual da representação-no-papel [paper-based] pelo processo que envolve **modificações digitais interativas.** Assim, a base para a definição desse modelo é a própria **técnica de formação** do objeto. A geração da forma está relacionada com a técnica digital disponível, que se configura como uma estrutura geométrica ou um processo digital formal que possibilita ao projetista

um **alto nível de interatividade e controle**, através, por exemplo, da manipulação de formas não euclidianas. O projetista utiliza a técnica para interagir e operar a forma, e não para representá-la explicitamente como nos modelos CAD ou baseados-no-papel. A autora descreve tal modelo como um "processo de projeto não determinístico". **O foco desse modelo está nas qualidades formais e geométricas do projeto** que permitem um projeto altamente sofisticado.

Oxman (2006) identifica ainda três sub-classes dentro do modelo de formação: os modelos topológicos, os modelos associativos e os modelos baseados no movimento.

O **modelo topológico** [*topological formation models*] explora novas possibilidades formais associadas ao conceito da **topologia**[9] e da geometria não-euclidiana. A terminologia topológica está também associada a conceitos teóricos relacionados à "morfologia da complexidade", como hyper-continuidade e hyper-conectividade. Esse modelo foi impulsionado pelas novas tecnologias computacionais, nas quais as coordenadas estáticas de formas, possíveis na mídia digital convencional, foram substituídas por "construções dinâmicas computacionais", incluindo as superfícies topológicas. Novas terminologias foram associadas para esses modelos, como *hyper-surface design, blob architecture, hyper-body***.** Oxman (2006) cita o trabalho de Van Berkel e Karoline Boss, co-fundadores do UNSTUDIO, como exemplo dessa abordagem, cujo livro MOVE[10], publicado em 1999 é uma contribuição na discussão teórica sobre morfologia complexa.

> "Assim, o design topológico pode ser visto como caracterizador da primeira demonstração formal em uma nova cosmovisão filosófica do design, que tenta acomodar a nova complexidade das condições não-linear, em rede, e afastar-se da lógica determinística tipológica e mais estática e das metodologias de design da geração anterior" (OXMAN, 2006, pg. 252. Tradução nossa)

O **modelo associativo [*associative design formation models*]** está baseado na técnica do **projeto paramétrico** que explora a **geometria associativa**. Na tecnologia paramétrica, geometrias complexas podem ser geradas e manipuladas, através do estabelecimento de esquemas de dependência ou co-dependência entre elementos do modelo geométrico, o que

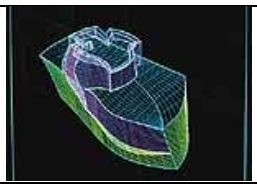
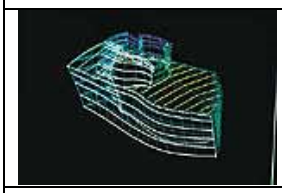
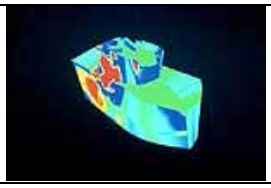
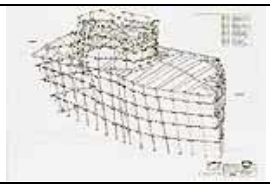
[9] "A topologia é o estudo da estrutura relacional dos objetos ao invés de sua geometria [...] estrutura topológica pode ser definida em uma variedade de formas geométricas complexas" (OXMAN, 2006, p.251).
[10] Van BERKEL, B; BOS, C. Move. Amsterdan. 1999

permite controlar o comportamento destes elementos diante de transformações desejadas, mantendo suas características topológicas (OXMAN, 2008a).

A autora cita a metodologia desenvolvida por Gehry Technologies (Figura 13) que oferece o "Projeto Digital" baseado no sistema CATIA (modelador paramétrico aeromotivo e de espaçonaves).

Para a autora, a combinação de interatividade, transformabilidade e "perturbações controladas parametricamente" é um fenômeno característico emergente do projeto digital.

> "No design paramétrico as relações entre os objetos são explicitamente descritas, estabelecendo interdependências entre vários objetos. As variações, uma vez geradas, podem ser facilmente transformadas e manipuladas pela ativação destes atributos. Diferentes valores atribuídos podem gerar múltiplas variações enquanto se mantêm as condições de relacionamento topológico." (OXMAN, 2006, pg. 252. Tradução nossa).

			
PASSO 1. DIGITALIZANDO O MODELO FÍSICO Este passo produz uma série de pontos na tela do computador, que juntos, criam uma forma que se assemelha ao modelo físico. Os pontos são manipulados, limpos e suavizados.	PASSO 2. MODELO DE SUPERFÍCIE Basicamente o contorno do modelo físico.	PASSO 3. MODELO DE SUPERFÍCIE "SOMBREADO" [SHADED] Basicamente o contorno do modelo físico. As linhas representam o padrão de revestimento dos painéis de titânio.	PASSO 4. ESTRUTURA PRIMÁRIA Este passo envolve a criação da estrutura primária do edifício. Para Bilbao este passo representa uma espécie de mapa do esqueleto de aço do edifício.
			
PASSO 5. ESTRUTURA SECUNDÁRIA A estrutura secundária pode variar de projeto para projeto. Neste caso de Bilbao é parte da estrutura que suporta o aço galvanizado sob camada do sistema	PASSO 5.1. ANALISE DE CURVATURA A análise de curvatura refere-se ao orçamento. É elaborada para determinar se os painéis de metal aderem naturalmente ou não em certa	PASSO 6. DESENHOS PARA COMPRA Esta etapa é aquela na qual o modelo computadorizado CATIA é utilizado para gerar os desenhos de compra do aço.	PASSO 7. O EDIFÍCIO FINALIZADO

de revestimento.	curvatura, ou quando eles terão que ser prensados para aderir a certa curvatura. Painéis de metal prensados são mais caros. Esta análise pode ser conduzida em diferentes etapas ou pode não ser realizada em todas.		

Figura 13 –Modelagem paramétrica utilizando software CATIA em projeto de Frank O. Gehry. Fonte: traduzido de http://www.arcspace.com/gehry_new/index.html?main=/gehry_new/catia/catia.html. Acessado em fevereiro de 2011

Podem-se citar também, nessa mesma categorização, softwares baseados no BIM – *Building Information Modeling*, que alia o recurso da parametrização ao gerenciamento da informação no modelo digital. Nesse tipo de processo o modelo digital do edifício, construído virtualmente no software, é ligado a uma série de dados contendo informações diversas relacionadas aos aspectos construtivos, detalhes de fabricação e estimativas de custo, entre outras. Assim, qualquer modificação de informação no modelo automaticamente atualiza as informações conectadas em diversos documentos do modelo, tais como plantas, tabelas e informações (ANDIA, 2008). O software ainda permite uma interoperabilidade com outros softwares principalmente relacionados à simulação ambiental.

Os modelos baseados no movimento utilizam a tecnologia baseada no movimento negando as representações tradicionais de representação do espaço, como o espaço estático, introduzindo novos conceitos, como os espaços e as formas dinâmicas, que geram novos tipos de projetos, interativos e flexíveis.

Tais modelos baseiam-se na exploração topológica da forma e na animação. Utilizam técnicas de modelagem baseadas no movimento [*motion-based*] e contribuem para processos dinâmicos de geração da forma. Como exemplo, Oxman (2006) cita o trabalho de Goulthrope (1995) de dECOi, em seu projeto Ether/I project, como tributo ao coreógrafo William Forsythe (Figura 14). O projeto foi elaborado através de técnicas de vídeo captura de movimento de dançarinos, para a produção formal.

Figura 14 – Projeto Ether/I de dECOI. Fonte: http://www.newitalianblood.com/show.pl?id=687. Acessado em Fevereiro de 2011.

3.5.3. Modelos generativos [*generative models*]

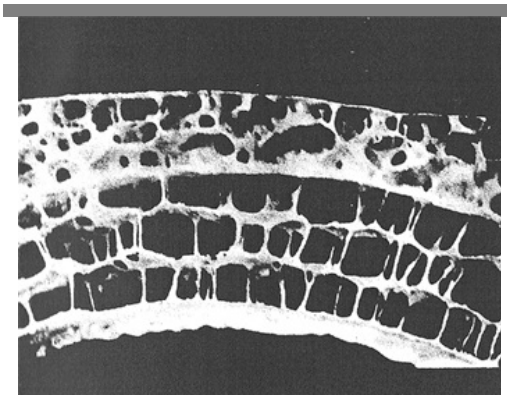
No modelo CAD o projetista lida com estruturas geométricas de objetos previamente concebidos. Como contraste, no modelo de formação utiliza-se as mídias digitais de projeto para possibilitar o controle formal e topológico para geração da variante formal. Assim, o projetista utiliza a ferramenta digital e as possibilidades de controle topológico para conceber a forma.

Por sua vez, os modelos generativos caracterizam-se pelo fornecimento de **mecanismos computacionais** para os processos de geração da forma. O projetista interage com o mecanismo generativo e não com o modelo em si e as formas são decorrentes de processos generativos pré-formulados. Nesse modelo, a interação é fundamental. Através de módulos de interação o projetista controla e escolhe a melhor solução (OXMAN, 2006, 2008a, 2008b).

Os modelos generativos apoiam-se na capacidade de processamento da tecnologia digital. Nesse método, propõe-se um algoritmo, baseado em regras definidas e, a partir deste, o computador gera a forma (NARDELLY, 2007). Dividem-se ainda em dois grupos: a gramática formal [*shape gramars*] e os modelos evolutivos [*evolutionary models*].

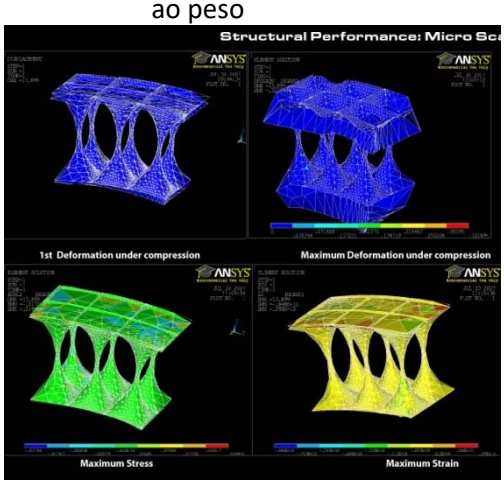
Para Oxman (2006) um exemplo de modelo generativo que tem desempenhado um papel importante no projeto é o modelo generativo evolutivo, no qual a emergência da forma é considerada resultado de um processo evolutivo. Baseiam-se na metáfora biológica, ou seja, na visão de que a geração, adaptação e evolução dos organismos vivos podem fornecer modelos para o projeto. Tais modelos estão associados a conceitos da biomimética e morfogênese. “Sistemas evolutivos baseados na morfogênese produzem propriedades relacionadas à diferenciação e heterogeneidade e estes são, talvez, duas das mais significantes propriedades do projeto digital” (OXMAN, 2006, p.257, tradução nossa).

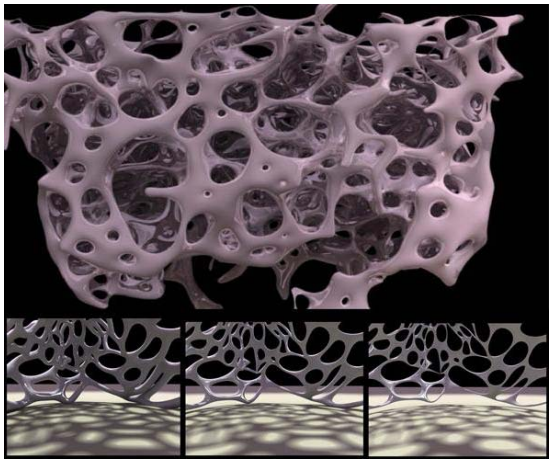
Um exemplo dessa abordagem está no trabalho de Andres Harris (HARRIS, 2011). O autor desenvolveu uma estrutura arquitetônica baseada na auto-formação e auto-otimização derivada da manipulação de materiais viscosos, utilizando a experimentação física e a computação paramétrica, para simular, no ambiente digital, processos físicos de líquidos viscosos que possuem a capacidade de endurecer quando expostos a certas pressões. A obtenção das propriedades morfológicas e de desempenho ocorre através da investigação biomimética do tecido ósseo esponjoso, que analisa as qualidades de viscosidade e tensão superficial.



Otimização estrutural – Tecido do osso esponjoso – alta resistência em relação ao peso

Representação digital de uma superfície biomimética de duas camadas





"*Digital Form-finding*" baseado em algoritmos evolutivos e projeto paramétrico.

Figura 15 - Auto-formação e auto-otimização derivada da manipulação de materiais viscosos, utilizando a experimentação física e a computação paramétrica. Fonte: adaptado de http://www.andres.harris.cl/?page_id=36, acessado em julho de 2011.

3.5.4. Modelos baseados no desempenho [*performance-based-models*]

O modelo baseado no desempenho **agrega um novo ingrediente** tanto aos modelos de formação, quanto aos modelos generativos. Nesse modelo os processos de formação ou geração respondem a **requerimentos complexos de desempenho.**

Esse tipo de modelo é extensivamente utilizado em métodos de projeto-baseado-no-desempenho, no qual o desempenho é ao mesmo tempo o **determinante** e o **método** para a criação da forma (OXMAN, 2008a). Assim, a forma não é manipulada pelas habilidades e preferências do próprio projetista, mas resultante da avaliação e simulação do próprio processo.

Nesse tipo de abordagem reconhece-se que diferentes formas podem alcançar funções similares e diferentes funções podem ser conferidas a formas semelhantes. Do mesmo modo, o mesmo conjunto forma-função pode produzir variações de desempenho em diferentes contextos (KALAY, 1999). Assim, pode-se dizer que não há uma relação de determinância entre forma e função.

O projeto-baseado-no-desempenho emprega técnicas de simulação analíticas de "forças externas" capazes de produzir "expressões paramétricas detalhadas" de desempenho (OXMAN, 2006). Essas "forças externas" podem ser consideradas como forças ambientais, incluindo carga estrutural, acústica, transporte, sitio, programa, etc. A influência dessas "forças" são fundamentais para a concepção da forma, em que a **informação** pode ser considerada também uma "força externa".

Para Oxman (2008a), o próprio termo "performativo" (de *performative design*) representa dois aspectos possibilitados pelo projeto digital: a geração e transformações de modelos geométricos, que por sua vez suportam avaliações analíticas de desempenho ambiental baseadas na simulação de suas condições físicas; a integração entre o processo de simulação avaliativa com a própria geração da forma digital e a sua modificação.

A viabilidade de projetar-baseado-no-desempenho depende da capacidade do projetista de representar **explicitamente** a razão por uma determinada escolha de combinação forma-função-contexto. Esse processo difere, portanto de processos que envolvem decisões subjetivas, tais como julgamentos, preferências e compensações (KALAY, 2009).

> "O desempenho de uma solução proposta de projeto somente pode ser determinado por uma avaliação de julgamento interpretativa que considera a forma – e outros atributos físicos – da solução proposta e os objetivos funcionais – as metas que ela tenta alcançar, e as circunstâncias nas quais os dois se reúnem." (KALAY, 1999, p.396, tradução nossa).

Para Oxman (2006) o **conhecimento explícito** é exatamente o que difere a metodologia do projeto baseado na mídia digital da metodologia do projeto baseado na representação convencional.

> "[...] a explicação dos processos cognitivos está baseada na nossa habilidade de formular, representar, implementar e interagir com as representações **explícitas** do conhecimento.[...] O que era um processo cognitivo implícito na modelagem do design baseado-no-papel se tornou explicado devido à natureza do processo computacional no design digital" (OXMAN, 2006, pp. 243, tradução nossa).

Há que se ressaltar, porém, que a abordagem contemporânea do projeto-baseado-no-desempenho se difere do processo convencional de simulação assistida por computador já amplamente utilizado nos modelos CAD. No processo convencional avalia-se um modelo supostamente já definido e com um nível de resolução avançado. Esse processo raramente é aplicado em estágios iniciais de concepção e **não há uma integração direta entre o processo de formação do projeto e a simulação de desempenho** (OXMAN, 2008a). O projetista é que adapta a geometria do modelo já definida para acomodar um desempenho desejado, diante de respostas obtidas na simulação.

No modelo-baseado-no-desempenho o objeto é gerado através da simulação de seu desempenho, e a **forma é consequência do desempenho e do comportamento esperado**. Nesse sentido, há uma maior integração entre a simulação computacional e a própria geração do projeto.

O primeiro grande avanço nesse caminho surge com o desenvolvimento de sistemas de modelagem paramétricos. Nesses modelos, é possível "controlar" transformações em um modelo geométrico tridimensional e realizar simulações diversas à procura do desempenho desejado, de um modo extremamente integrado e dinâmico.

Um exemplo icônico da abordagem-baseada-no-desempenho, destacado por Oxman (2006), é o projeto de Norman Foster para o edifício Swiss Re, em Londres, mais especificamente na composição de sua envoltória. O projeto utilizou modelagem paramétrica controlada por um processo interativo a favor da otimização do desempenho do edifício, no caso, o desempenho

estrutural, as cargas advindas dos ventos, o comportamento termo-lumínico e energético do edifício.

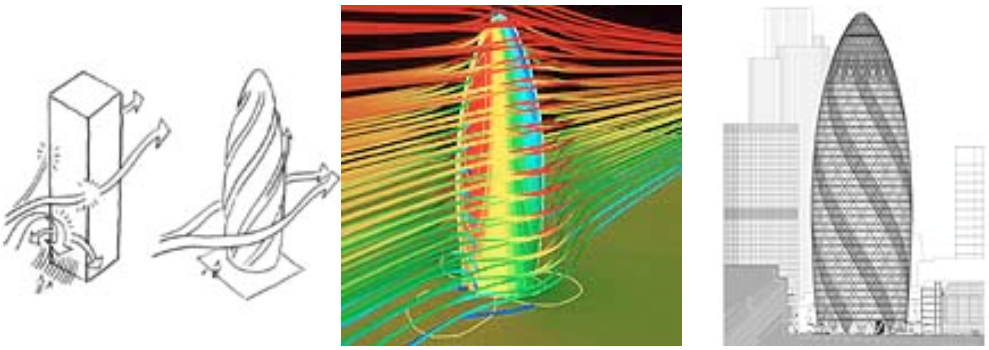


Figura 16 – Simulação através de software de Bentley Systems, durante o processo de concepção, para definição da forma aerodinâmica da torre Swiss RE. Fonte: http://www.architectureweek.com/2005/0525/tools_1-2.html. Acesso em fevereiro de 2011.

No ambiente de projeto paramétrico a "ordenação e dependência de modificações paramétricas podem ser definidas por **relações de dependência**" (OXMAN, 2008a, p.7, tradução nossa, grifo nosso). O método de concepção utilizado na concepção da torre *Swiss Re* apresenta essa integração entre a avaliação de desempenho e a própria síntese da forma.

Um segundo grande avanço para a integração entre concepção e desempenho está na utilização dos **modelos generativos** já comentados anteriormente, tais como os *grammars* e algoritmos genéticos [*genetic algorithms*] aplicados aos sistemas arquitetônicos e sistemas-baseados-no-desempenho. Para Oxman, esses sistemas estão em fase de desenvolvimento e são parte essencial de desenvolvimentos futuros de sistemas arquitetônicos performativos. (OXMAN, 2008a).

Para McCormack et al (2004), no processo de projeto tradicional há uma relação direta entre as intenções do próprio projetista e o artefato projetado. Em métodos generativos o projetista se relaciona com sistemas e regras e as modifica para gerar o objeto, e não há uma manipulação direta do objeto. O autor conceitua esse processo como "meta-projeto", em que o objeto final é o resultado de propriedades emergentes do sistema criado. Para o autor, "a 'arte' de projetar nesse método está no domínio da relação entre a especificação do processo, o ambiente e o artefato gerado. " (MCCORMACK ET AL, 2004, p.7, tradução nossa). Assim como no projeto convencional, o papel do projetista permanece central no processo de projeto.

Diversos softwares para modelagem generativa foram desenvolvidos tais como o *Grasshopper* [11] e o *Generative Components*[12]. Sua utilização massiva ainda se centra em estudos experimentais desenvolvidos no âmbito da academia, mas já podem ser vistas algumas aplicações práticas.

Um exemplo da utilização da modelagem generativa em projetos de arquitetura pode ser encontrado no projeto do *Hangzhou Stadium* desenvolvido pelos escritórios NBBJ e CCDI, cuja modelagem utilizou o software Grasshopper, conforme pode ser visto na Figura 17 e 18. A modelagem generativa foi utilizada para otimizar a definição da forma a partir do melhor ângulo de visão e linha do horizonte, da capacidade de assentos, entre outros requisitos de desempenho.

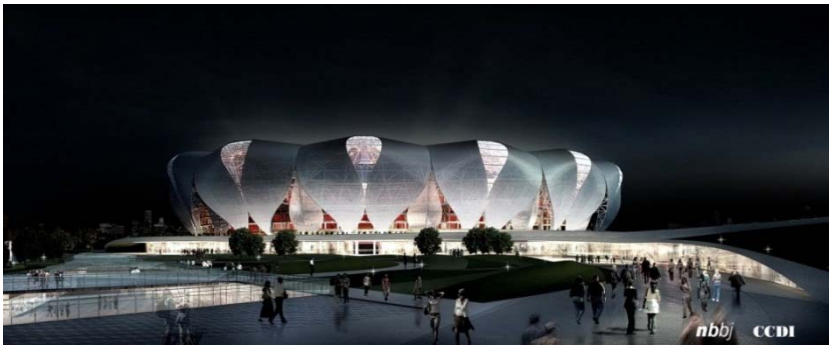


Figura 17 - *Hangzhou Stadium,* NBBJ e CCDI (Fonte: http://nmillerarch.blogspot.com/2009/12/parametric-strategies-in-design-of.html.)

[11] Editor de algoritmos integrado para ferramenta de modelagem Rhinoceros 3-D, que utiliza algoritmos generativos para criar formas, sem que haja necessidade de conhecimento em programação ou Script. (http://www.grasshopper3d.com).

[12]Desenvolvido pela Bentley, o software permite uma modelagem dinâmica e a geometria pode ser manipulada através da aplicação de regras e captura de relações entre os elementos do edifício. Assim, formas complexas podem ser definidas através de simples algoritmos. (http://www.bentley.com/en-US/Promo/Generative+Components/)

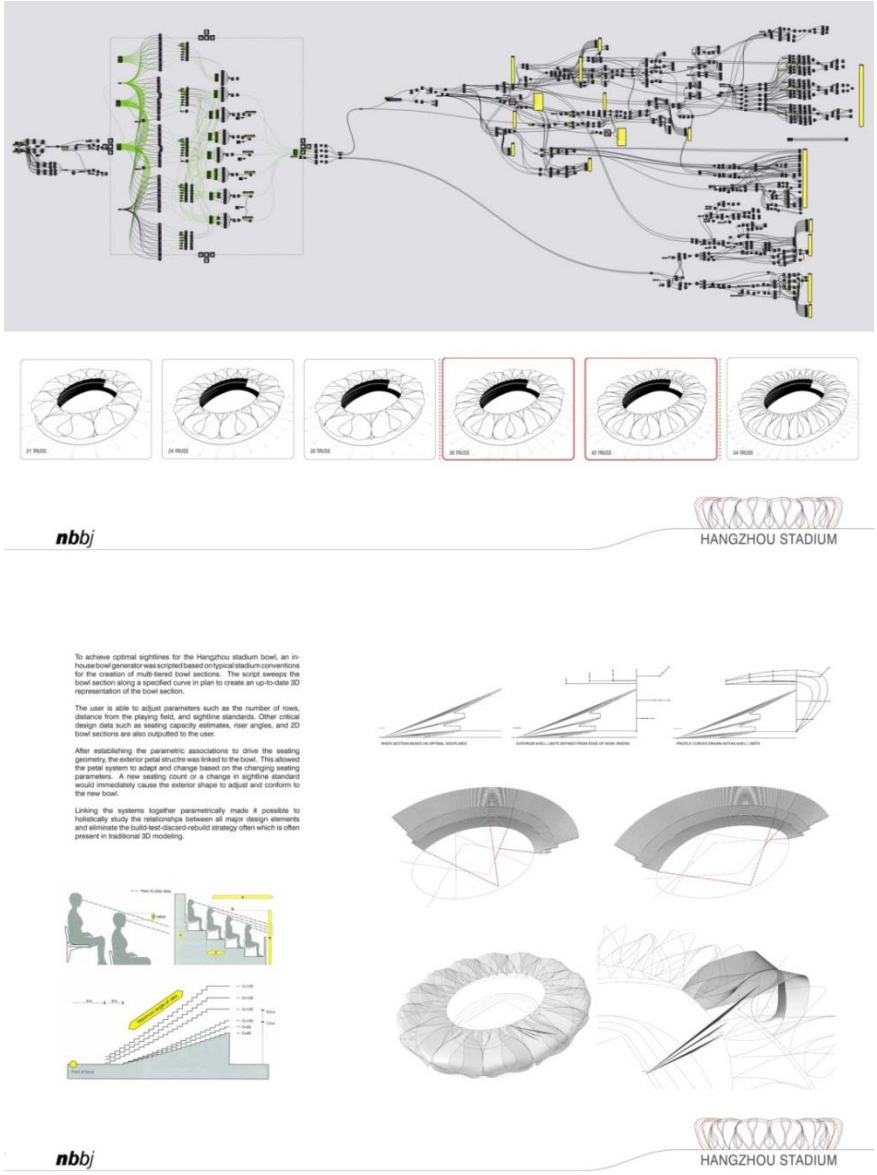


Figura 18 - Processo generativo utilizado para a concepção da forma do *Hangzhou Stadium* . Acima a linguagem generativa elaborada no grasshopper. Fonte: http://nmillerarch.blogspot.com/2009/12/parametric-strategies-in-design-of.html.

Outro exemplo da aplicação de sistemas generativos em projeto-baseados-no-desempenho pode também ser encontrado no trabalho publicado por Shea et al (2005) que apresenta um método generativo através do desenvolvimento do sistema *EifForm*, desenvolvido no âmbito da engenharia estrutural. O sistema se configura como uma ferramenta integrada de projeto generativo baseado-no-desempenho. Na operação do sistema é possível perceber a sinergia entre a modelagem associativa (paramétrica) e o sistema generativo na busca do desempenho desejado (Oxman, 2008a).

Para Oxman, o modelo topológico, o projeto paramétrico, a concepção interativa, a otimização e a geração configuram-se como conceitos fundamentais para o projeto-baseado-no-desempenho.

Os modelos topológicos são definidos como aqueles que "mantêm relações dependência fundamentais constantes enquanto permitem as propriedades de transformações" (OXMAN, 2008a, p. 8, tradução nossa). A atenção para a geração da forma se volta para a "estrutura de relacionamento e qualidades que existem no contexto de problemas de arquitetura". "Desde que a modelagem tradicional na arquitetura tende a ser tipológica por natureza, novas abordagens para a modelagem dos sistemas arquitetônicos e a estrutura dos problemas são requeridas" (OXMAN, 2008a, p. 8, tradução nossa).

Tais modelos são possibilitados pelo projeto paramétrico, através da modelagem associativa e também da modelagem generativa. Essas tecnologias são apontadas como ferramentas poderosas e atuam através de uma "relação simbiótica" com o projeto-baseado-no-desempenho (OXMAN, 2008a). No projeto paramétrico, é possível estabelecer relações de interdependência entre os objetos cujos atributos poderão ser facilmente manipulados. Diferentes valores dos atributos podem gerar múltiplas variações de projeto mantendo a condição essencial para as relações topológicas.

Esse processo é apontado pela autora como um processo de concepção interativa que abre um universo de possibilidades ao projetista, substituindo as coordenadas estáticas da mídia digital convencional para construtores dinâmicos computacionais de modelos topológicos. As formações paramétricas incluem conceitos como: adaptabilidade, mudança, continuidade, proximidade e conectividade.

Essa abordagem permite uma reavaliação de análise de desempenho ambiental, que pode migrar dos processos tradicionais de simples análise de formas pré-estabelecidas, para processos de análise-síntese, nos quais será possível explorar a integração da avaliação de desempenho e da abordagem multicritério com os processos de modificação da forma em projetos paramétricos.

3.6. Conclusões do capítulo

A partir do reconhecimento de que a tarefa de projeto se centra na solução de problemas, as pesquisas sobre métodos de projeto procuraram, nos últimos 50 anos, compreender a natureza dos problemas do projeto, bem como as complexas atividades cognitivas elaboradas pelo projetista durante a resolução destes problemas.

Percebe-se, ao longo desses anos, que a trajetória evolutiva relacionada com o entendimento da atividade de projeto caminha para um maior entendimento de sua complexidade e para o reconhecimento de que se trata de um processo que não pode ser descrito por uma trajetória linear, mas através de uma trajetória recursiva, retroalimentada, na qual a informação e o projetista assumem posições centrais no processo.

Analisando os sistemas teorizados por Herbert Simon, Donald Schon e Christopher Alexander, percebe-se que, apesar de serem tratados eventualmente como processos distintos, uma possível complementaridade entre as abordagens pode fundamentar processos contemporâneos de projeto-baseado-no-desempenho.

A descrição do sistema de projeto como um sistema orientado por metas, por Herbert Simon, é uma característica determinante em métodos de projeto-baseado-no-desempenho, nos quais metas são definidas a partir do desempenho que se espera obter com o modelo, colocando a atenção não somente no processo do projeto, mas no produto que este processo gera.

Apesar de o próprio Donald Schon caracterizar o processo descrito por Simon como um processo racional, técnico e linear (SCHON 1983, 2000), para o qual propõe uma nova descrição a partir de sua teoria sobre a reflexão-na-ação - a qual caracteriza o processo de projeto como um processo de aprendizagem e não um processo que busca metas - é fato que "buscar metas" é uma das características fundamentais presentes na concepção do projeto, o que se reafirma a partir do desenvolvimento de métodos de projeto-baseado-no-desempenho. Porém, o próprio Simon reconhece a indeterminação dos problemas de projeto, em sua teoria sobre os problemas mal-estruturados, na qual argumenta que as metas poderão ser formuladas ao longo do próprio processo, a partir de um processo de aprendizagem através do fazer, reconhecendo a atividade de projeto como uma "atividade de valor".

A questão fundamental nessa discussão centra-se na descoberta de que metas de projeto não podem ser absolutamente definidas antes do próprio processo de concepção, e que esse processo é **formador de conhecimento**. Propriedades **emergentes** surgem a partir do próprio processo, e as metas previamente definidas podem ser reconsideradas a partir da aprendizagem no ato de fazer/conhecer. Nesse sentido, conhecer-na-ação e refletir-na-ação revelam-se processos fundamentais para a própria busca de metas.

Por sua vez, os modelos digitais desenvolvidos na última década, principalmente aqueles que permitem uma maior interação entre o projetista e a formação do objeto, tais como os modelos paramétricos e os modelos generativos, contribuem enormemente para esse "conhecer-na-ação" e "refletir-na-ação".

O trabalho de Schon (1983, 2000) é apontado por Oxman (2006) como um fundamento importante em modelos de projeto digital, uma vez que Schon focaliza o papel do projetista e sua ação, enfatizando a interação entre o projetista e a representação do problema, e caracterizando o processo como recepção (percepção), reflexão (interpretação) e reação (transformação). Para a autora, essa terminologia conceitual do projeto como "interação com a mídia visual" para "informar o projeto futuro" é extremamente relevante como conceito em modelos de projeto digital exatamente porque "a centralidade do projetista pode ser mantida em modelos de projeto digital" implicando no "controle do processo digital". O processo é "baseado na interação e reflexão com o projetista" (OXMAN, 2006, p. 241, tradução nossa).

O projeto digital possibilita tratar a complexidade do processo projetual, através da modelagem integrada do objeto, na qual a interface entre o "tomador de decisões" e o modelo é realizada mediante processos cibernéticos de ação, resposta, informação e novamente ação, de uma forma extremamente dinâmica, recursiva, interativa e *real-time*, baseada no conhecimento explícito e não implícito. Tal processo corrobora para métodos de projeto-baseado-no-desempenho.

Por sua vez, a compreensão da qualidade como resultado de uma organização coerente de um campo de forças em um espaço, proposto por Alexander, em que as necessidades humanas são colocadas como geradoras desse campo de forças, revelam também abordagens apropriadas ao projeto-baseado-no-desempenho.

Como bem apontado por Salingaros (2000) a “linguagem dos padrões” desenvolvida por Alexander surge a partir de duas necessidades distintas: a) um método para entender e controlar sistemas complexos e b) uma ferramenta de projeto para construir algo que seja estruturalmente e funcionalmente coerente.

O próprio conceito de padrão proposto por Alexander e o conceito de composição do espaço (do edifício ou da cidade), através de uma linguagem de padrões aliada à interface digital, apresenta ao projeto-baseado-no-desempenho, infinitas abordagens.

Uma vez que o desenho paramétrico permite, com extrema facilidade, o controle de alterações para atingir determinado desempenho, atua como uma ferramenta extremamente eficiente para a aplicação de “padrões de projeto” [*design patterns*], propostos por Alexander. O desenho paramétrico possibilita estabelecer, de uma forma extremamente dinâmica, regras relacionais entre elementos de projeto a fim de se definir padrões de projeto. A utilização de “*design patterns”* para “pensar sobre” e “trabalhar com” na modelagem paramétrica já tem se mostrado eficiente no domínio da complexidade dos sistemas de projeto (WOODBURY, 2010).

Por fim, percebe-se que as abordagens metodológicas investigadas neste capítulo se apresentam como abordagens esclarecedoras para projetos orientados para a sustentabilidade. Pode-se dizer que o próprio conceito de projeto-baseado-no-desempenho se entrelaça ao conceito de projeto orientado para a sustentabilidade, ao se entender a sustentabilidade como **atendimento a requisitos de desempenho**, sejam eles sociais, econômicos ou ambientais, em uma determinada **situação-problema.**

É exatamente sobre o conceito “sustentabilidade” e sobre sua abordagem no campo do projeto e, mais especificamente, da arquitetura que o próximo capítulo pretende tratar, mais uma vez objetivando revelar que tal conceito também se fundamenta a partir do pensamento sistêmico, principalmente aplicado à compreensão dos problemas da sociedade contemporânea, aos impactos ambientais e ao desenvolvimento social e econômico.

CAPÍTULO 4

A abordagem sistêmica e a sustentabilidade

4. A ABORDAGEM SISTÊMICA E A SUSTENTABILIDADE

Para Capra (2006), aos fins do século XX, uma série de problemas globais se apresentava e, se estudados mais profundamente, poderiam ser percebidos como "diferentes facetas de uma única crise" (CAPRA, 2006, p.23). Essa crise se resume para o autor como uma **crise de percepção**. Os problemas do mundo contemporâneo sejam ambientais, sociais, políticos ou econômicos, devido à complexidade dos acontecimentos, somente podem ser entendidos sob uma ótica que permita estabelecer interligações e interdependências. São problemas sistêmicos e por isso é necessário vê-los, compreendê-los e abordá-los também de um modo sistêmico.

O conceito da sustentabilidade está intrinsicamente relacionado com essa abordagem sistêmica dos problemas humanos, que procura relacionar e integrar problemas de ordem social, econômica e ambiental. Assim, refuta-se toda e qualquer descrição simplificadora da sustentabilidade, ao considerar que a sustentabilidade é um conceito importante a favor do modo sistêmico de compreender e tratar problemas sistêmicos humanos.

Essa visão é compartilhada por outros autores (ISOLDI, SATTLER, 2005) que também reconhecem a sustentabilidade como parte da mudança paradigmática na maneira de ver e perceber o mundo, que se intensifica no início do século XX, a partir do pensamento sistêmico, na qual o mundo passa a ser compreendido como uma rede de fenômenos interligados e retroalimentados.

Nesse sentido, este capítulo objetiva apresentar conceitos fundamentais relacionados à sustentabilidade e à absorção destes conceitos pelo pensamento em projeto [*design thinking*] e, mais especificamente, pelo projeto de arquitetura, procurando ressaltar a interface entre pensamento sistêmico e sustentabilidade.

4.1. Sustentabilidade

A partir de um reconhecimento generalizado de que a sociedade contemporânea enfrenta problemas complexos, que envolvem múltiplos aspectos interconectados (CHARNLEY ET AL, 2010), inicia-se a partir da década de 70 uma profunda reflexão sobre a questão do desenvolvimento em suas dimensões sociais, econômicas e ambientais.

As preocupações ambientais pautam-se no reconhecimento de que a relação entre humanos e meio ambiente caracteriza-se pela degradação, a níveis complexos, que afeta a **qualidade de vida da população** e da capacidade de garantia da qualidade de vida a gerações futuras (JACOBI, 2005).

O termo "desenvolvimento sustentável" surge a partir da publicação do relatório "Nosso Futuro Comum", realizado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, presidida pela ex-primeira ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland. Por definição, o desenvolvimento sustentável "satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades" (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991).

Essa definição apresenta dois princípios fundamentais da sustentabilidade: as **necessidades humanas como um recurso a ser preservado** nas políticas de desenvolvimento; e uma **preocupação temporal com relação à ação humana sobre o ambiente.** Ou seja, inicia-se uma investigação das consequências das ações humanas sobre o ambiente, ao longo do tempo. Não basta, portanto, satisfazer as necessidades humanas do presente, é preciso garantir a permanência da qualidade de vida ao longo das futuras gerações.

O relatório aborda a perspectiva global sobre o consumo de recursos e energia e o desequilíbrio existente entre as partes pobres e ricas do mundo.

> "O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades. Ele contém em si dois conceitos fundamentais:
>
> - o conceito de 'necessidades', em particular as necessidades essenciais dos pobres do mundo, para que prioridade absoluta deve ser dada, e
> - a ideia das limitações impostas pelo estado das organizações sociais e tecnológicas sobre a capacidade do meio ambiente para atender às necessidades presentes e futuras." (BRUNDTLAND, 1987)

Conforme bem apontado por LIMA (2003) observa-se que o discurso do desenvolvimento sustentável surge como substituto ao modelo de desenvolvimento econômico difundido pelos países centrais do capitalismo, modelo este que a partir da década de 1970 revela-se insuficiente para conter a crise de ordem econômica, social e ambiental deflagrada. Assim a questão ambiental é introduzida como novo ingrediente na revisão do modelo de desenvolvimento da civilização, em direção a uma **visão mais ampliada** dos aspectos que constituem as **relações existentes entre sociedade e ambiente** (LIMA, 2003).

A partir do relatório Brundtland e posteriormente a partir da conferência Mundial da ONU para o Desenvolvimento Sustentável - Rio 92, a questão urbana é fortemente debatida, principalmente no que se refere à expansão urbana, à degradação do meio ambiente e à perda da qualidade de vida.

As preocupações emergentes na cidade contemporânea, cujo ritmo de crescimento é acelerado, estabelecem novos desafios para o planejamento das cidades. Uma das questões centrais do debate está exatamente na possibilidade de contenção da expansão urbana, que alarga a demanda por infraestrutura e recursos (energéticos e materiais), aumenta deslocamentos e, consequentemente, aumenta os níveis de congestionamentos de trânsito e poluição. Tal situação leva a uma perda da qualidade de vida da população. As estratégias apontam para a busca de novas centralidades, bem como a ocupação e reestruturação de áreas urbanas degradadas e ou subutilizadas.

A partir do conceito "sustentabilidade", há também uma busca constante pela definição do que se definiria como um "modo sustentável" da vida humana, em suas diversas dimensões, e de que maneira seria possível alcançá-lo.

Manzini (2006) descreve esse "modo sustentável" através de três conceitos básicos: a consistência com os princípios éticos fundamentais, a baixa intensidade de consumo material e energético e o alto nível de qualidade do contexto.

De acordo com Manzini, a c**onsistência com os princípios éticos fundamentais** refere-se à manutenção de princípios éticos relacionados às pessoas e à sociedade, associados à relação entre a natureza e o ambiente (conservação da biodiversidade, redução de poluentes, etc) e aqueles relativos às questões sociais e econômicas (distribuição da riqueza, balanço do poder, incremento da democracia, qualidade e quantidade na criação de trabalho, promoção da comunidade, envolvimento das pessoas).

A **baixa intensidade de consumo energético e material** refere-se à "eco-eficiência" sistêmica de materiais, produção e consumo, com atenção ao ciclo de vida dos objetos.

O **alto nível de qualidade do contexto** refere-se à construção de sistemas altamente relacionados ao contexto. Este conceito integra uma variedade de parâmetros sociais, culturais e econômicos na estrutura de amplos e reconhecidos "cenários de sustentabilidade".

Um sistema, portanto, para ser considerado sustentável, deve estar integrado ao contexto, e este todo, "sistema-no-contexto", deve ser caracterizado por um alto nível de qualidade ambiental e social (MANZINI, 2006).

Assim, qualquer **cenário sustentável** deve promover a ética (social e ambiental), deve consumir baixa intensidade energética e material e deve ser altamente contextualizado, promovendo um alto nível de qualidade econômica, ambiental e social neste contexto.

Um **sistema sustentável, por sua vez,** configura-se como uma "rede integrada de pessoas, produtos, serviços e infra-estruturas", cujo conjunto possibilite o estabelecimento de um cenário sustentável (MANZINI, 1994, p.4).

Para Manzini (1994), cenários sustentáveis não devem ser construídos de forma que a sociedade seja privada dos elementos "insustentáveis" aos quais estão acostumadas. Os cenários devem possibilitar que a mudança no consumo seja atrativa para as pessoas. Se existe uma nova maneira de locomoção pela cidade mais atrativa do que o automóvel certamente ela será utilizada. Nesse sentido, o projeto [design] tem um papel fundamental na definição dos novos cenários, que devem ser atrativos à sociedade.

Uma solução sustentável é definida pelo autor como um **processo** que permite a um ator (pessoa e/ou comunidade) alcançar um resultado sustentável, adotando uma estratégia sustentável específica. Uma consideração importante sobre essa descrição elaborada por Manzini é que a solução não se refere ao objeto, mas sim ao processo. (por exemplo, se estamos falando do projeto de um veículo, a solução não se refere ao veículo, mas ao problema da mobilidade).

A atenção volta-se, portanto, aos produtos, serviços, sistemas e ambientes, ou seja, os objetos de projeto [*design*] e à maneira como estes contribuem para a realização dos "cenários sustentáveis". Nessa discussão, o conceito de projeto orientado para a sustentabilidade, tem evoluído, desde a década de 70 até os dias atuais, de uma abordagem focada no objeto para uma abordagem focada no sistema do qual faz parte.

A reflexão sobre a absorção inicial da abordagem ecológica e, posteriormente, da abordagem da sustentabilidade, no âmbito do projeto, mostra de maneira clara que a evolução do projeto orientado para a sustentabilidade migra de uma abordagem orientada para o objeto para uma

abordagem orientada para o sistema, compreendendo o objeto do projeto como parte de um sistema maior no qual se insere e que envolve questões ambientais, econômicas e político-sociais.

Nesse sentido o próximo tópico procura apresentar de que maneira essa absorção evolui ao longo do tempo, no pensamento em projeto e também apresentar qual é a contribuição do projeto [*design*] e do projetista [*designer*] na construção de "cenários sustentáveis".

4.2. Sustentabilidade e pensamento em projeto (*design thinking*)

Pauline Madge (1997) em seu artigo "*Ecological Design: A new critique*"[13] estabelece uma crítica temporal entre os termos "verde" [*green*], "ecológico" [*ecological*] e "sustentável" [*sustainable*], no âmbito do projeto, incluindo o amplo significado que a palavra projeto oferece. Para a autora a transição dos termos "verde" e "ecológico" para "sustentável", no campo do projeto, representa "um constante alargamento, no escopo da teoria e prática, e em certa medida, uma perspectiva cada vez mais crítica em ecologia e projeto" (MADGE, 1997, p. 44).

Na **década de 80** o termo "verde" se tornou um chavão na Europa, invadindo a mídia e a publicidade para representar políticas e preocupações ecológicas (MADGE, 1997). Para Madge, são válidos os conceitos definidos por T.O Riordan[14] para representar duas vertentes de pensamento "verde" que se formam nesse período: a concepção "ecocêntrica" e a concepção "tecnocêntrica". O ecocentrismo está baseado na bioética e na profunda reverência à natureza. Favorece a tecnologia de baixo impacto e preocupa-se com o crescimento econômico e industrial desenfreado. O tecnocentrismo é caracterizado pela crença na capacidade da ciência e da alta tecnologia para gerenciar o ambiente em benefício humano e defende uma ideologia de progresso, eficiência e racionalidade. Essas tendências podem ser também caracterizadas como ecologia "profunda" e ecologia "rasa" respectivamente.

[13] Elaborado para a revista Design Issue, em 1997.
[14] T.O 'Riordan, Environmentalism. Londres: PionL td., 1976 apud MADGE (1997)

Para Madge, o tecnocentrismo é predominante na década de 80. O projeto “verde”, nesse período, está mais preocupado em suprir a indústria de produtos “ecologicamente corretos”, alimentando o que denomina de “consumo verde”.

Dentro dessa mesma reflexão, Charnley et al. (2010) comenta sobre o fato de que as empresas promoveram iniciativas “verdes” no intuito de “capitalizar” a mudança da sociedade rumo a uma “ética ambiental”. Porém, tais iniciativas essencialmente referem-se ao melhoramento de um produto “tradicional” tornando-o “ambientalmente benigno”, por exemplo, produzindo-o de forma racional e eficiente em termos energéticos. O autor ressalta que tal atitude se configura como opções “aditivas” das considerações ambientais.

Essa mesma observação foi apresentada por Manzini (1994), que atenta para o fato de que o debate da questão ambiental na década de 80 é absorvido pela sociedade industrial em uma época em que a mesma se apresenta como “rica, saudável e satisfeita” e a reorientação ambiental dos sistemas foi imaginada para atuar em um quadro de estabilidade industrial e social, o que não afetaria estilo de vida e o desenvolvimento global. Nesse sentido, a questão ambiental tendeu a ser “normatizada”, em temas políticos, econômicos e de engenharia, para tratar “de uma maneira substancialmente técnica a favor de reprojetar os existentes” (MANZINI, 1994, p.38).

Para Manzini este momento teve uma importância que não deve ser subestimada, uma vez que a atitude tomada pela indústria em tornar os produtos existentes menos nocivos configurou-se como uma grande conquista. Porém, na década de 90, reconhece-se que a prática de simplesmente “normatizar” a maneira de tratar a questão da sustentabilidade apresentou-se inadequada e insuficiente, uma vez que os resultados permaneceram contidos no âmbito ambiental.

Ao final da década de 80 se inaugura uma maior preocupação com a mudança nos padrões de consumo, na ética empresarial e no gerenciamento ambiental da indústria. Segundo Madge (1997) é nesse momento que projetistas começam a referenciar seu trabalho como “ecológicos”. A adoção do termo “ecológico” reflete noções mais amplas e mais radicais de ecologia e as pesquisas passaram a adotar uma abordagem sistêmica nas práticas do projeto ecológico [*ecodesign]* o que incluía análise de modelos de ciclo de vida, fluxos de energia e materiais (MADGE, 1997).

Na década de 90, as discussões em torno do tema da sustentabilidade caminham para um reconhecimento de que crises de ordem ambiental, econômica e sócio-cultural estão entrelaçadas. Para Manzini (1994), mesmo nas nações mais industrializadas, há uma constatação de que a crise é de ordem estrutural e que a discussão deve centrar-se em torno do modelo global de desenvolvimento vigente.

Para Madge (1997), a "sustentabilidade" foi o jargão da década de 90 assim como "verde" foi para a década de 80, "igualmente aberta a diferentes interpretações e usos indevidos" (MADGE, 1997, p. 51, tradução nossa). O termo introduz ou restabelece ao projeto as noções de responsabilidade ética e social e a noção de tempo e prazos.

Apesar das diversas interpretações do conceito sustentabilidade, infere-se, como bem apontado por Margolin (1998), que as preocupações surgidas a partir da Agenda 21, elaborada na Eco-92 - apesar de pouco sucesso de implementação - tiveram um papel importante no cenário internacional, pois concorrem para o que o autor nomeia de **"cultura da sustentabilidade",** em que indivíduos e grupos ao redor do mundo assumiram uma série de princípios a serem trabalhados e uma base para o desenvolvimento de estratégias de **mudança**.

A introdução do conceito de sustentabilidade no projeto ampliou o foco do projeto "ecológico" para além dos aspectos ambientais. "Desenvolvimento Sustentável" reivindica a ligação da "sustentabilidade ecológica" com "igualdade social" e "desenvolvimento econômico". O projeto que pretende alcançar tal objetivo deve ser abrangente e subordinado aos aspectos ecológicos e culturais assim como espaciais e temporais.

Dentro dessa "cultura da sustentabilidade", as pesquisas centram-se em investigar o **papel** que irá assumir o profissional de projeto. Para Madge (1997) o conceito de projeto sustentável sugere mudanças no projeto e no papel do projetista e inclui "um movimento inevitável da abordagem do produto para a **abordagem baseada nos sistemas**" (MADGE, 1997, p. 52, tradução nossa, grifo nosso).

A questão central para uma mudança paradigmática, no âmbito do projeto, rumo a uma abordagem sustentável certamente refere-se à compreensão de que o projeto não possui

como elemento central de investigação apenas o próprio objeto[15], mas também a **relação estabelecida entre este e o contexto**[16] no qual ele se insere, incluindo também a relação temporal. O foco da investigação migra, então, de uma concepção isolada do objeto para uma concepção sistêmica.

Também no âmbito do projeto reconhece-se que o "redesenho" do que já existe não é mais suficiente, uma vez que não contribui para a construção de "cenários sustentáveis" que possam perdurar por longo período de tempo (MANZINI, 1994)[17]. O projeto orientado ao objeto possui limites de alcance. A grande questão que se apresenta atualmente está na construção de s**istemas** sustentáveis.

Para Margolin (1998), o primeiro passo a favor do que denomina "reinvenção do projeto" está no reconhecimento de que o projeto tem sido historicamente uma prática contingente ao invés de baseada na **necessidade**. "O poder do projeto está em conceber e planejar, primeiro gerando uma ideia e depois expressando esta ideia em um produto, seja ele um objeto, um sistema ou um ambiente" (MARGOLIN, 1998, p.87. tradução nossa).

Madge (1997) aponta para esse mesmo conceito e ressalta que um dos focos mais interessantes na abordagem do projeto orientado para a sustentabilidade está exatamente na concepção do "projeto para a necessidade", ou seja, uma mudança de foco dos produtos, serviços e sistemas para as necessidades humanas, que pode levar a uma melhoria das condições de vida e trabalho.

Reconhece-se, nesse sentido, que o projeto [*design*] possui o potencial de "dar forma" e "oferecer oportunidades" para a construção de cenários sustentáveis, fomentando novos tipos de comportamentos e "estilos de vida" baseados em novas noções de qualidade social (MANZINI, 1994). Isso sugere uma atenção à possibilidade de modelar processos através do

[15]A palavra objeto, no contexto desta tese, refere-se a todo e qualquer elemento de design: produto, processos e ambientes.

[16] A palavra contexto refere-se a todos os elementos que participam do objeto: o ambiente, usuários, atores, clientes.

[17] Ezio Manzini exemplifica esta situação com relação ao projeto de um automóvel: o projeto de um automóvel "reciclável" é melhor do que o automóvel tradicional, porém este projeto não resolve o problema da mobilidade urbana.

projeto, assim os objetos do projeto podem ser vistos como **meios para a ação,** em benefício da sustentabilidade (MEURER, 2001).

A noção de flexibilidade e dinamicidade também são elementos que cercam uma abordagem sustentável do projeto. Para Manzini (2008), sistemas caracterizam-se como entidades **dinâmicas**, ou seja, estão e precisam estar em contínua mudança. Isso se refere à necessidade de adaptações às novas possibilidades tecnológicas e sua evolução constante. Assim, um bom sistema sustentável precisa ser **flexível**.

A favor desta flexibilidade ou elasticidade do sistema sustentável, Fiksel (2003) aponta quatro características fundamentais: a **diversidade,** caracterizada pela existência de múltiplas formas e comportamentos; a **eficiência**, caracterizada pelo desempenho com modesto consumo de recursos; a **adaptabilidade**, caracterizada pela flexibilidade do sistema para mudar em resposta a novas pressões e a **coesão**, caracterizada pela existência de forças de unificação ou ligação.

O entendimento dessas características relacionadas à sustentabilidade ocorre também no âmbito do projeto da arquitetura. Nesse sentido, reconhece-se a necessidade de ampliar a interpretação desse conceito no projeto, reconhecendo que o problema não se encontra exclusivamente no objeto da arquitetura (o edifício), mas na construção de sistemas integrados da qual faz parte a arquitetura. É sobre essa questão que o próximo item se destina a investigar.

4.3. Sustentabilidade e arquitetura

A arquitetura e os atores envolvidos em sua produção assumem um papel fundamental na construção de cenários sustentáveis, pois o ambiente construído tem uma grande interferência nos aspectos sociais, econômicos e ambientais das cidades e na qualidade de vida dos seus habitantes.

No contexto brasileiro é corrente serem encontrados em revistas comerciais de arquitetura uma apresentação de exemplos de edificações definidas como “arquitetura sustentável”. Em grande parte dos casos, o conceito de sustentabilidade é caracterizado por um pequeno número de soluções técnicas que garantem certa economia de recursos (energéticos e materiais). Esse conceito deriva de uma visão do edifício enquanto objeto e preocupa-se

exclusivamente com sua eficiência, muitas vezes independente do contexto. Incentivada por um "marketing verde" que almeja a promoção do empreendimento ou do profissional, esta visão de "mercado" aproxima-se do que MADGE (1997) define como "consumo verde", um suprimento de produtos "ecologicamente corretos". Também se aproxima do que Guimarães (2003) define como "transformações cosméticas", que apenas tendem a "enverdecer" um modo de pensar vigente.

Percebe-se que a abordagem da sustentabilidade fomentada pelo "mercado" trata-se ainda de uma abordagem tecnocêntrica da questão ambiental, pensamento que fundamentou a abordagem ecológica do projeto na década de 80, na Europa e nos Estados Unidos.

Essa situação parece começar a mudar através da procura pelo mercado pelas certificações ambientais. Ainda que essa procura se trate, em muitos casos, de uma estratégia "mercadológica", é fato que as certificações ambientais, como o LEED[18] e o AQUA[19] procuram avaliar a sustentabilidade do edifício a partir de um desempenho global e não apenas centrado na eficiência energética e no consumo de materiais.

Para a certificação LEED o termo "edifício verde" é sinônimo de "edifício de alto desempenho", "Construção e Projetos Sustentáveis" e outros termos que se referem a uma abordagem holística do projeto e da construção (LEED, 2003). Para o LEED, existem diferentes concepções para o projeto de edifícios "verdes" devido ao largo escopo das questões relacionadas à sustentabilidade. Sendo assim, as definições para "ambiente sustentável" abordam desde questões gerais da sustentabilidade – como garantir as necessidades atuais sem comprometer que as gerações futuras garantam suas próprias necessidades – até questões mais específicas como a eficiência energética. Assim, o LEED conclui quem tendo em vista este amplo espectro, o projeto do edifício sustentável esforça-se para balancear a responsabilidade ambiental, a eficiência dos recursos, o conforto e o bem-estar do ocupante e a sensibilidade da comunidade.

A certificação aponta que, para alcançar tal objetivo, é necessário, durante a concepção do edifício, um engajamento através de um **processo de desenvolvimento integrado**, de todos os agentes envolvidos: equipe de projeto (incluindo proprietário do edifício, arquitetos,

[18] LEED - Leadership in Energy and Environment Design (USGBC, 2009)
[19] AQUA - Alta Qualidade Ambiental no Empreendimento (FCAV, 2007).

engenheiros e consultores, equipe de construtores (incluindo fabricantes, empreiteiros e transportadores de resíduos), equipe de manutenção e ocupantes da edificação.

A abordagem da certificação LEED-NC - 2009[20] está definida através de um sistema de pontuação que abrange um total de 8 pré-requisitos e 49 categorias passíveis de pontuação, totalizando 110 pontos possíveis, sendo 100 pontos básicos, 6 destinados à inovações no projeto e 4 destinados à prioridades regionais. Os pré-requisitos são essenciais para a certificação, ou seja, todos devem ser alcançados. As categorias poderão ou não ser pontuadas conforme a classificação que se almeja.

Por outro lado, a certificação AQUA é a adaptação para o Brasil da *"Démarche HQE"*, certificação Francesa, que contém requisitos para o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e critérios de desempenho nas categorias da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE). Os requisitos do SGE exigem o comprometimento com o perfil de QAE pretendido e o acompanhamento, análise e avaliação da QAE ao longo do empreendimento, entre outros. Os critérios de desempenho do QAE estão relacionados pela certificação como: eco-construção, a eco-gestão e a criação de condições de conforto e saúde para o usuário.

Para a certificação AQUA, a Alta Qualidade Ambiental é definida como sendo "um processo de **gestão** de projeto visando obter a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou envolvendo uma reabilitação" (FCAV, 2007, p. 8, grifo nosso). Através dessa afirmação percebe-se o foco também no **processo** e não somente no **produto**, ao tratar da alta qualidade ambiental da edificação. Esta abordagem faz com que a certificação AQUA apresente uma abordagem diferenciada daquela apresentada pela certificação LEED, cujo desempenho é tratado apenas pelos requisitos do próprio edifício e não pelo processo em que ele foi concebido.

A certificação AQUA avalia o empreendimento em todo o seu processo - programação, concepção e realização da edificação – e não apenas no resultado final do edifício (produto). A fase de operação e manutenção não é avaliada pela certificação, porém ela traz elementos que preveem a elaboração de documentos que possam facilitar a obtenção do desempenho ambiental estimado após a construção da edificação (FCAV, 2007). Sendo assim, a certificação AQUA apresenta dois instrumentos para avaliar o desempenho ambiental: um instrumento

[20] LEED for New Construction and Major renovations. Versão publicada em 2009.

voltado para a gestão ambiental do empreendimento, o referencial do Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) direcionado ao empreendedor; e o referencial da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), destinado a avaliar o desempenho arquitetônico e técnico do edifício.

Porém, conforme apontado por 7GROUP et al (2009), os sistemas de certificação são ferramentas eficientes para **quantificar** o desempenho ambiental da edificação e estabelecer critérios de desempenho para sua concepção, atuando, portanto, como **elementos quantificadores**. Por outro lado, para atingir as metas previstas pelas certificações, é preciso incorporar o pensamento sistêmico no processo de concepção do edifício.

Apesar das certificações atuarem como instrumentos que colaboram para a abordagem do desempenho da edificação no processo projetual, percebe-se que, em alguns casos, ela atua como um instrumento de "marketing" e muitas vezes questiona-se o resultado final alcançado pela edificação certificada e a adequação desse resultado ao contexto no qual se insere. Essa situação é claramente identificada na pesquisa publicada por Trapano e Bastos (2011) sobre a certificação do edifício Cidade Nova, construído no Rio de Janeiro.

Fica claro, portanto, a necessidade de se estabelecer, na pesquisa relacionada à sustentabilidade na arquitetura, uma compreensão da arquitetura como um **sistema em estreito relacionamento com o contexto**. A sustentabilidade, portanto, está vinculada ao contexto e não pode ser "medida" considerando-se o edifício como um objeto isolado na cidade.

A favor da retomada de valores sobre a sustentabilidade na arquitetura o arquiteto Ken Yeang (2006) reflete que há uma grande incompreensão sobre o que denomina de projeto ecológico [*ecodesign*]. O autor critica projetistas que ainda acreditam que ao adicionar um número suficiente de "sistemas ecológicos" em seus edifícios estarão praticando projeto ecológico. Apesar de não negar a utilidade desses aparatos, Yeang os define como "tentativas vazias" de se obter uma arquitetura "ecológica".

Um projeto ecológico para Yeang (2006) é aquele que utiliza princípios e estratégias para a concepção do ambiente construído, de modo que seja possível uma **integração benigna** com o ambiente natural. Para o autor essa integração benigna consiste em conceber a **biointegração** entre sistemas artificiais e sistemas naturais.

Para o autor, três componentes são essenciais para essa biointegração na confecção de um "modelo ecológico" do sistema de projeto: a descrição do próprio sistema a ser construído, a descrição do ambiente em que se insere, incluindo ecossistema e os recursos naturais e um mapeamento das interações entre esses dois componentes (entre o edifício e o ambiente). Yeang, portanto está preocupado em como o objeto do projeto (um edifício, por exemplo) se comporta com relação a sua inserção em um ecossistema existente. Está preocupado com processos de troca (energéticas e materiais) entre edifício e ambiente. Percebe-se que sua abordagem ainda se centra apenas na questão ambiental.

A questão da **interdisciplinaridade do processo de projeto** é também um ponto importante na discussão da abordagem da sustentabilidade na arquitetura. Diversos autores (MEURER, 2001; YEANG, 2006; 7GROUP et al, 2009) têm ressaltado a ineficiência da abordagem interdisciplinar aplicada atualmente, que se revela incapaz de combater eficazmente os problemas gerados pela divisão do trabalho em esferas separadas de competência. Para o autor, há uma necessidade de se desenvolver princípios de trabalho que relacionem e integrem as diferentes disciplinas, ao invés do simples adicionamento de disciplinas umas às outras.

Sobre essa questão, Yeang (2006) critica a falsa crença de que, ao colocar arquitetos trabalhando conjuntamente com engenheiros familiarizados com o projeto de sistemas tecnológicos "ecológicos", estar-se-á produzindo "eco-arquitetura", uma "visão ilusória da salvação tecnológica" (YEANG, 2006, p.23, tradução nossa).

Para Margolin (1998), pouca atenção tem sido dada aos tipos de conhecimento que permitem projetistas trabalhar com outras profissões, seja nas engenharias, nas ciências naturais ou nas ciências sociais. A solução para essa questão está na interdisciplinaridade e na colaboração entre todos os campos do projeto, através da exploração das relações possíveis entre o projeto e as propostas e ações que estão atualmente emergindo com a cultura da sustentabilidade.

Um dos grandes desafios enfrentados pelos projetistas durante a concepção estabelece-se, portanto, na **tomada de decisões em equipe** e no trabalho com a **complexidade** inerente aos projetos sustentáveis, em que diversos fatores se inter-relacionam e se retroalimentam.

O que se observa na prática atual é que cada um dos sistemas que compõem a edificação é projetado por especialistas diferentes que trabalham separadamente e aperfeiçoam cada sistema isoladamente, demonstrando claramente uma fragmentação das disciplinas que compõem o projeto de uma edificação (7GROUP et al, 2009). Apesar de essa fragmentação ter sido extremamente eficiente para o desenvolvimento tecnológico de cada uma das disciplinas relacionadas à concepção e à construção de edifícios, percebe-se que ela é problemática para a compreensão das interdependências entre cada disciplina e do funcionamento do edifício como um todo. Essa concepção fragmentada da edificação, na qual as partes são projetadas e compreendidas individualmente, impede uma visão global do desempenho do edifício e a visualização das interdependências e inter-relações existentes entre os diversos subsistemas da edificação, incluindo o contexto e o usuário.

Tal processo corrobora para uma concepção fragmentada do objeto arquitetônico, através de uma prática de trabalho sequencial e não integrada, conforme observado por Salgado (2008):

> "Uma particularidade que se observa, é que na maioria das vezes as metodologias tratam o processo de concepção do edifício de forma fragmentada, definindo momentos específicos para a atuação dos diferentes projetistas, apesar de considerarem a questão das decisões integradas de projeto. Na verdade, essa tem sido a prática adotada até hoje pelos empreendedores do setor da construção civil. As contratações dos profissionais de projeto ocorrem em momentos distintos do processo, levando a uma prática de trabalho onde o projeto passa de um profissional a outro e as discussões vão surgindo na proporção que surgem os problemas de compatibilização (ou de incompatibilidade) entre as soluções propostas. Ou seja, as decisões de projeto não ocorrem de forma integrada porque o processo é tratado de forma sequencial. " (SALGADO, 2008)

Essa situação parece começar a mudar a partir de práticas de projeto colaborativas, impulsionadas pela tecnologia digital, que permitem o gerenciamento da informação no projeto por colaboradores distintos, prática impulsionada pelo desenvolvimento de novos softwares de projeto baseados na informação, como o BIM – *Building Information Modeling.*

Para CHARNLEY ET AL. (2010), o surgimento de problemas cada vez mais complexos no âmbito do projeto combinados com a preocupação com o meio ambiente, aumenta a demanda por produtos, serviços e sistemas inovadores. Nesse sentido, projetistas estão adotando abordagens holísticas e integradas, definidas como "projeto do sistema total" (*whole system design*) (CHARNLEY et al, 2010; ZUO et al, 2009). Essa abordagem tem como objetivo a integração de fenômenos sociais, econômicos e ambientais nas soluções de projeto e requer a atuação conjunta de diferentes atores e disciplinas para o projeto de edifícios de alta

qualidade ambiental. Nesse tipo de abordagem, aspectos físicos relacionados ao desempenho do edifício, tais como implantação, orientação, forma, estrutura, sistemas mecânicos, planejamento dos espaços interiores, seleção de materiais e mobiliários e iluminação, entre outros sistemas e componentes do edifício, são integrados como um todo no processo de projeto. Tal método requer o estabelecimento de metas de desempenho, que serão alcançadas mediante processos colaborativos e integrados de projeto. A avaliação de desempenho deve ser elaborada durante a própria concepção projetual (WHOLE SYSTEM DESIGN, 2011). Sobre esses processos integrados e colaborativos a favor da sustentabilidade que CHARNLEY ET AL. (2010) ressaltam a importância de abordar o projeto sob a ótica do pensamento sistêmico.

Uma visão ainda mais abrangente da abordagem da sustentabilidade no âmbito da arquitetura pode ser visualizada na capacidade dessa de possibilitar um ambiente urbano sustentável, não somente relacionado à questão ambiental, mas também à questão dos usos e dos territórios. Uma contribuição importante nesse sentido foi estabelecida com a exposição "*Architecture=Durable*" que ocorreu no *Pavillon de l'Arsenal* em Paris, em junho de 2008, apoiada pela prefeitura de Paris, reunindo 30 projetos de intervenção urbana e arquitetônica, com a presença de arquitetos como OMA, Dominique Perrault, Kazuyo Sejima, , Jean Nouvel, , Thom Mayne, Lacaton & Vassal, Phillipe Gazeau, entre diversos outros.

A exposição pautou-se no conceito de sustentabilidade apoiado no **comprometimento social,** "que deve orientar e guiar nossos atos e a própria forma como olhamos a cidade [...] arquitetura durável[21] é antes de tudo um comprometimento com um desenvolvimento de ações duráveis, envolvendo princípios éticos, a possibilidade de oferecer aos cidadãos novos territórios, lugares de criação, novos usos, que potencializem o compartilhamento de valores comuns" (HIDALGO, 2008).

Nessa exposição, Boutté (2011) propôs uma sistematização do que denomina de "dispositivos duráveis", propondo um cruzamento entre os valores desejados à cidade contemporânea e a problemática da concepção arquitetônica sustentável (BOUTTÉ, 2011). Tais dispositivos resumem-se nos seguintes itens:

[21] O termo "durável" na França é utilizado ao invés do termo "sustentável".

- **Urbanidade:** Dispositivo que compreende que a cidade sustentável **não** é uma justaposição de construções eficientes, certificadas ou ecológicas. A cidade sustentável é caracterizada pela "ultraconexão", possibilitada pelo transporte eficiente e pela multiplicidade de usos. Nesse sentido, a densificação é inerentemente sustentável, para limitar o consumo de recursos e o uso indiscriminado dos transportes. A cidade sustentável também preza pelas amenidades e pela qualidade do espaço público.
- **Implantação:** Dispositivo que reflete sobre a relação entre a cidade sustentável e o "desempenho do habitat". Esse conceito preza pela qualidade de vida e pela evolução coerente do sítio ao longo do tempo. Desse modo uma boa implantação deve transformar os constrangimentos locais e valorizar o potencial do contexto, enriquecendo o entorno. Uma boa implantação deve valorizar os elementos "gratuitos" disponíveis no sítio, como sol, vento, água, e deve prover qualidade de uso para todos, promovendo espaços que lhes façam "querer parar" e "querer voltar".
- **Morfologia:** A morfologia, além de ser resultado da implantação e da interpretação e adaptação ao contexto local, deve também ser um exercício de escolha entre formas compactas (que permitem maior desempenho energético) e formas fragmentadas (que permitem maior desempenho luminoso). Nesse sentido, deve-se atentar para a compreensão das implicações energéticas da forma.
- **Materialidade**: A noção de materialidade é a última etapa de adaptação da edificação ao contexto. A estrutura e o envelope são os principais componentes que colaboram para essa adaptação. A estrutura deve se adaptar ao lugar, à topografia. Deve ser otimizada em relação ao contexto do uso e tipo de operação. Pode ser leve, pesada, rígida ou flexível. O envelope, por sua vez, estabelece a interface entre edifício e contexto e permite que o edifício se adapte ao ambiente exterior.
- **Espacialidade:** A espacialidade está relacionada às funções dos diversos espaços internos da edificação e a relação entre eles e entre os espaços internos e o contexto exterior. Relaciona-se com o programa, estabelecendo princípios para a escolha dos sistemas adequados, como ventilação, iluminação, aquecimento, circulação de pessoas, entre outros.
- **Sistemas:** Os sistemas são indispensáveis para o funcionamento do edifício e o conforto dos usuários. Seu desempenho tem impacto direto no consumo energético do edifício. Sua escolha deve estar relacionada ao contexto do edifício. Uma concepção

ambiental integrada deve envolver a integração entre o sitio, os usos, a arquitetura, os sistemas e a escolha energética. A falha de um projeto não pode ser superada por uma correção tecnológica e os sistemas passivos devem ser privilegiados.

- **Desempenho**: O desempenho não pode ser visto como um "valor absoluto", mas como um "motor para inovação" e deve ser considerado como resultado de um pensamento de projeto e não como uma meta a ser alcançada a qualquer custo. Muitas soluções tecnológicas são extremamente caras e podem gerar altos custos operacionais.

Nessa descrição extremamente coerente elaborada por Boutté, percebe-se uma compreensão ampliada da abordagem da sustentabilidade na arquitetura, em contrapartida ao simples adicionamento de "mecanismos ecológicos". É certo que tais mecanismos contribuem enormemente para uma melhor eficiência do edifício com relação ao consumo de recursos (energéticos e materiais). Mas é correto também que é preciso ir além, para que a abordagem da sustentabilidade possa realmente acomodar as inter-relações entre os desempenhos ambiental, econômico e social e contribuir para a criação de "cenários sustentáveis" na cidade. Essa abordagem envolve não somente a escolha de mecanismos e materiais adequados, mas também uma profunda investigação com relação à dimensão programática do edifício e sua implantação, com ênfase às relações estabelecidas entre o edifício e o contexto urbano no qual se insere.

O próximo item a seguir discute um possível entendimento sistêmico do edifício através da aproximação ao conceito de organismo, como um possível caminho para projetos orientados para a sustentabilidade.

4.4. A analogia orgânica na arquitetura

Entende-se como edificação sustentável aquela que apresenta uma adequação econômica, social e ambiental[22] no tempo e no espaço. Essa preocupação é conhecida da arquitetura e não é um fato inaugurado a partir das discussões do desenvolvimento sustentável. É exatamente por isso que se reconhece como válida a afirmativa enunciada por Eduardo Souto de Moura (2007), de que "a boa arquitetura é necessariamente, sustentável".

[22] Inclui-se na adequação ambiental a adequação energética da arquitetura.

Porém, reconhece-se que a partir da revolução industrial alcançar essa adequação tornou-se cada vez mais complexo. Constata-se que, a cada ano, ampliam-se gigantescamente as disponibilidades tecnológicas para a construção civil, e por outro lado há novos condicionantes de projeto que influenciarão essa adequação da arquitetura, quando se considera o crescimento das cidades e, consequentemente, de seus problemas.

Assim, entende-se que a abordagem da sustentabilidade do edifício revela-se como uma abordagem integrada de seu desempenho em suas diversas dimensões, que por sua vez pode ser alcançada através de métodos de projeto que possibilitem uma compreensão sistêmica do objeto arquitetônico. Nesse sentido acredita-se que uma abordagem interessante para compreender a complexidade projetual do edifício e acomodar o conceito da sustentabilidade em seu processo de projeto pode ser encontrada na analogia do conceito de edifício ao conceito de **organismo.**

Em um organismo vivo há um número de sistemas inter-relacionados, e todos esses sistemas impactam-se uns aos outros. O mesmo ocorre em uma edificação, onde cada subsistema também poderá impactar um ao outro e vice-versa. A edificação, por sua vez, é um sistema inserido em um sistema maior, que é o meio natural e urbano, e com ele se relaciona. É simples compreender quais elementos compõem um edifício, porém é mais complexo compreender como esses elementos interagem entre si e de que maneira contribuem para um melhor desempenho do sistema como um todo e para sua adaptação ao contexto.

Compreender a **organização** de cada edificação, de acordo com suas necessidades programáticas internas e o contexto em que se insere, possibilita a visualização das trocas e interações internas ao edifício e das trocas e interações com o meio (ambientais, econômicas e sociais). Essa maneira de proceder permite a concepção de **estruturas** distintas para os edifícios, objetivando-se determinado desempenho. Tal procedimento pode-se revelar como um caminho para trabalhar o edifício sob um enfoque sistêmico e, também, abordar a sustentabilidade no processo de projeto.

Um importante estudo sobre a analogia orgânica na arquitetura e nas artes aplicadas pode ser encontrado na obra publicada em 1979 por Philip Steadman, "*The evolution of designs. Biological analogy in architecture and the applied arts*" (STEADMAN, 2008). Esse trabalho apresenta as diversas formas de abordagem da analogia orgânica na história da arquitetura,

incluindo as novas abordagens surgidas a partir do projeto digital, com a utilização dos algoritmos evolutivos. Para o autor, na história da arquitetura, a analogia orgânica toma a forma de duas interpretações distintas, porém relacionadas: um referente à aparência visual ou composição do objeto e outra referente à funcionalidade.

A primeira interpretação trata-se de uma busca da beleza existente na proporção entre as partes e o todo nos organismos vivos. Na segunda interpretação, a beleza é encontrada na **utilidade do objeto** e de sua **adaptação a um propósito**. A segunda interpretação é integrante de uma estética mais geral do **funcionalismo** "[...] a ideia de que um artefato que é bem projetado e adaptado ao seu objetivo será visto como belo a partir desta adequação ao uso" (STEADMAN, 2008, p.9, tradução nossa). A beleza está presente na integração das várias partes funcionais ao todo organizado.

Uma analogia orgânica na arquitetura, relacionada à classificação dos tipos e justificativa dos estilos históricos, foi extremamente utilizada durante o século XIX (STEADMAN, 2008; GRILLO, 2007). Steadman reflete que, assumindo que as formas do objeto estão bem adaptadas ao ambiente, espera-se encontrar uma grande variedade de formas em diferentes localizações e tempos históricos. Por sua vez, também se percebe que edifícios construídos para funções idênticas podem resultar em edifícios similares, o que dá origem ao aparecimento de instâncias repetidas de "tipos" de artefatos. Também é possível dizer que, se existir um grau de uniformidade nas condições sociais, culturais, materiais e tecnológicas afetando todos os artefatos de um mesmo espaço e tempo, pode-se esperar que tais artefatos, ainda que apresentem funções totalmente distintas, guardarão consigo algumas características "estilísticas" em comum, o que provê uma explicação para os períodos estilísticos e características regionais.

A partir do século XIX, influenciada pelas teorias de Darwin e Cuvier, a analogia orgânica interessa-se particularmente na relação entre **forma e função**. Neste sentido, instala-se uma mudança do "olhar arquitetônico" dirigido à natureza para uma incorporação da ideia de **adaptação funcional.** A referência à natureza deixa de ser argumentada pela justificativa dos estilos históricos, para então preocupar-se com a adaptação e adequação da arquitetura, bem como suas necessidades práticas (GRILLO, 2007).

Steadman (2008) aponta duas tradições que ocorrem paralelamente na analogia encontrada na estética funcionalista e posteriormente nas filosofias do movimento moderno: uma que olha em direção às obras da natureza (analogia orgânica) e outra que olha em direção à mecânica e à engenharia (analogia mecânica), sendo esta última extensivamente assumida pelos teóricos da arquitetura moderna. Esta teoria do funcionamento a partir do funcionamento mecânico já era proposta por Descartes ao comparar o funcionamento do corpo humano a uma máquina.

O autor reflete que, apesar deste "emparelhamento" da analogia aos organismos e da analogia às maquinas na estética funcionalista, deve-se observar que há uma "atitude moral" na visão funcionalista como um todo. Preza-se pela economia de meios e um tipo de "economia artística". A "satisfação intelectual e estética" está em conhecer como o trabalho é feito, como é construído, como funciona e para qual é sua utilidade.

A preocupação com a funcionalidade instaura-se na arquitetura através de duas vertentes: uma relacionada ao funcionalismo estrutural, preocupado com a qualidade material e construtiva da arquitetura e outra relacionada à aplicação do conceito de funcionalidade a própria configuração do espaço arquitetônico (GRILLO, 2007). O funcionalismo estrutural, preconizado por Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc buscava uma aproximação da arquitetura às leis da natureza através da analogia funcional biológica ao aspecto construtivo da arquitetura (STEADMAN, 2008; GRILLO, 2007).

No século XX, instaura-se a segunda vertente da associação da funcionalidade biológica com a arquitetura, através das abordagens de Sullivan e Frank Lloyd Wright, cuja preocupação migra da consideração de seus elementos construtivos apenas, para a funcionalidade espacial (GRILLO, 2007). A famosa frase de Sullivan de que "a forma segue a função" reflete o desejo explícito de que a finalidade de um edifício seja claramente definida em sua própria aparência, cuja estrutura deve ser lógica e compreensível. (STEADMAN, 2008). É Frank Lloyd Wright, porém, colaborador de Sullivan, que será, no século XX, a figura central na fundamentação do conceito "orgânico" aplicado à arquitetura. Para Argan (2004), o termo orgânico é inseparável do naturalismo de Wright.

O conceito de arquitetura orgânica proposto por Wright refere-se à resposta "natural" da arquitetura às suas necessidades funcionais e materiais, bem como aos requerimentos do

sítio, aliada à própria expressão do artista (STEADMAN, 2008). Atrelados à ideia de orgânico, destacam-se conceitos como unidade, totalidade e integração. Wright propõe também a composição da forma do edifício como um processo de "crescimento", através da integração entre interior e exterior (GRILLO, 2007).

Bruno Zevi, defensor vigoroso do espaço, entende esse organicismo de Wright como uma superação de um funcionalismo estritamente racional em favor de um funcionalismo que inclui não somente a função pragmática do espaço, mas também sua função sintática, ou seja, seu significado em termos psicológicos e sensoriais (ZEVI, 2000). Neste sentido, a concepção orgânica do espaço centra-se nas necessidades humanas e na sua satisfação.

Pode-se encontrar também o conceito de **organismo** na abordagem de Alexander (1981), que procura aproximá-lo do objeto da arquitetura:

> "Um organismo, que à primeira vista parece uma coisa estática, de fato é um constante fluxo de processos [...] Uma cidade ou um edifício também são um constante fluxo de processos" (ALEXANDER, 1981, p. 271, tradução nossa).

A própria teoria sobre a "linguagem dos padrões" de Alexander pode ser reconhecida como uma analogia orgânica na arquitetura, claramente identificada a partir de sua estrutura de composição decorrente de uma hierarquia de padrões cujas relações evoluem do mais simples ao mais complexo. Também o próprio processo de composição do espaço é comparado ao organismo. Para Alexander (1981), o processo é

> "[...] um processo de síntese, de reunião de coisas, de combinação, porém não se pode formar um organismo (como na natureza) somando partes pré-formadas. O desenho é uma sucessão de atos de complexidade: a estrutura se introduz sobre o todo, operando este todo, não somando pequenas partes. A forma do todo e das partes nasce simultaneamente." (ALEXANDER, 1981, p.281, tradução nossa).

Steadman (2008), ao investigar a analogia orgânica, distingue ainda o que denomina analogia "ecológica", que para ele é bastante familiar à literatura do funcionalismo do século XIX e ao movimento moderno e que está relacionada com as seguintes premissas: a forma está relacionada à função e, por sua vez, a função está relacionada ao ambiente para o qual essa forma se destina. O grau em que uma forma é apropriada à função e ao ambiente pode ser expresso em termos de "adaptação".

Na compreensão dessa analogia ecológica, o autor procura investigar o que é esse "ambiente" no qual se desenvolve, portanto, a arquitetura. Ambientes óbvios e facilmente identificáveis

são os ambientes físico e climático, nos quais a arquitetura se insere. Também podem ser citados os ambientes material e tecnológico, incluindo os processos construtivos disponíveis. Além desses ambientes, há aqueles que não são tão bem determinados e mais abstratos, mas igualmente importantes, como o ambiente social, econômico e cultural. É exatamente para esses ambientes menos óbvios e indeterminados que as "funções" do objeto são definidas. Para o autor esta concepção "ecológica" está relacionada, portanto, com a relação entre a forma de edifícios e artefatos, através de sua função, com os vários ambientes: social, cultural, ambiental e material, em que são produzidos.

Enquanto no século XIX essa analogia ecológica sugere uma classificação dos tipos e uma justificativa dos estilos históricos, no século XX, a partir das preocupações com relação ao impacto ambiental do edifício, outra forma de analogia ecológica é proposta, a partir dos conceitos de **metabolismo** e **ciclo de vida** do edifício. Tal analogia pode ser encontrada nas discussões elaboradas pelo arquiteto Ken Yeang (2006).

Para o arquiteto, um edifício, um sistema de projeto ou um produto existem em termos de seus aspectos físicos (forma, localização e estrutura) e seus aspectos funcionais (os sistemas e operações que o sustentam durante sua vida útil). Nesse sentido, o sistema de projeto pode ser entendido como um organismo vivo que utiliza matérias e energia do meio e produz saídas para o meio. Desse modo, três componentes são essenciais para um modelo ecológico do sistema de projeto: a descrição do próprio sistema construído, a descrição do ambiente, incluindo o ambiente do ecossistema e os recursos naturais, e um mapeamento das interações entre esses dois componentes (entre o edifício e o ambiente).

Na análise dessa interação entre o sistema de projeto e o ambiente, Yeang agrupa quatro conjuntos: as **interdependências externas,** que consistem nas relações entre o sistema de projeto e o ambiente externo; as **interdependências internas,** que consistem nas relações internas do próprio sistema de projeto; o **intercâmbio externo-para-interno** de energia e materiais (entradas do sistema) e o intercâmbio interno-para-externo de energia e materiais, (saídas do sistema).

Para visualizar essas interações Yeang utiliza o conceito de "sistema aberto", formulado na Teoria Geral dos Sistemas[23], a qual considera fundamental para os sistemas de projeto. Para

[23] Baseado em conceitos anteriormente conhecidos da TERMODINÂMICA dos estados em desiquilíbrio.

o autor, o conceito de ecossistema deve ser a base para o que define como *ecodesign*. Assim, o projeto do edifício deve ser concebido através da analogia ao conceito de ecossistema. Para Yeang, os projetistas devem estudar processos e modelos ecológicos e reproduzi-los como soluções potenciais de projeto para o ambiente construído.

Para o autor, a "bio-integração" do sistema de projeto ao ambiente deve ser abordada através de três níveis: **físico, sistêmico e temporal**. A integração física trata da integração locacional e geográfica do ambiente construído com os recursos e processos físicos do ecossistema. A integração sistêmica é a integração dos fluxos, funções, operações e processos de um ambiente construído com os processos e funções do ecossistema e da biosfera. A integração temporal trata da integração, em um ritmo sustentável, do uso e consumo dos recursos naturais pelos homens e pelo ambiente construído, com o ritmo natural de renovação e regeneração que ocorrem no ecossistema e na biosfera.

Uma analogia orgânica "funcional" centrada nos sistemas físicos da arquitetura pode ser encontrada também na abordagem de Olavo Escorcia Oyola (OYOLA, 2008) em "*Anatomia y fisiologia de la edificacion: una manera de entender los edificios para su diseño y construcción*"[24], destinada a alunos de graduação, que pretende apresentar o edifício enquanto um organismo, a partir de seus requisitos funcionais e materiais.

O autor critica tratados e manuais de construção que, antes mesmo de fundamentar um edifício, se preocupam em fracioná-lo em partes na tentativa de explicá-lo, impedindo que alunos compreendam o edifício como um todo. Oyola dedica-se a apresentar o edifício "como um 'organismo arquitetônico' cujos sistemas constitutivos respondem sistemicamente e como um todo através da organização, relação e função de suas partes" (OYOLA, 2008, p.11).

Assim, o edifício visto de uma forma sistêmica é tanto o próprio edifício, o qual denomina de "organismo arquitetônico", quanto o ambiente urbano que o contém, e deverá satisfazer exigências humanas de ordem fisiológica, psicológica, sociológica e humana. Desse modo, é necessário identificar os requerimentos externos à edificação e as suas exigências internas. Os requerimentos externos se referem ao ambiente natural e construído que constituem o

[24] Este ensaio é direcionado a alunos de graduação da Universidade Nacional de Colômbia.

contexto no qual o edifício será erguido. As exigências internas se referem às condições de habitabilidade do próprio edifício.

Como consequência, faz-se necessário determinar como esses requerimentos podem ser alcançados através dos sistemas que compõem a edificação. Ou seja, é preciso estabelecer a correspondência entre o espaço habitável, definido por seus benefícios (suas exigências) e a tecnologia que deve ser empregada para viabilizá-los na edificação. Definimos assim os aspectos ambientais (exigências) e os aspectos tecnológicos (sistemas e materiais) necessários para satisfazê-los (OYOLA, 2008).

Em termos didáticos, para a compreensão construtiva do edifício, Oyola faz uma analogia do edifício aos organismos vivos, mais especificamente, ao organismo humano. Estabelece que o edifício é um organismo composto por uma série de partes (materiais, sub-componentes e componentes) que se agrupam em famílias (sistemas funcionais) para o cumprimento de determinadas funções que resultam em um "organismo arquitetônico".

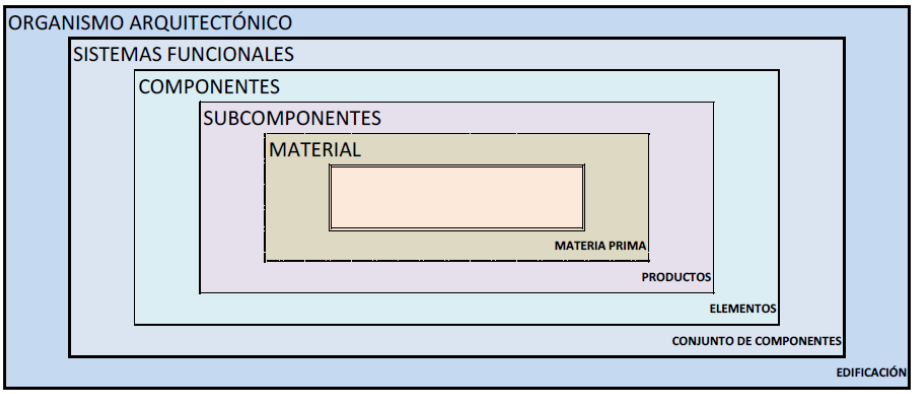


Figura 19 – Subdivisões do organismo arquitetônico (Fonte: OYOLA, 2008).

Nessa forma de concepção, os sistemas funcionais cumprem quatro requisitos fundamentais nos edifícios: o **sistema de suporte,** conjunto de partes hierarquizadas que interagem com a função de sustentar o edifício; o **sistema de mecanismos** que asseguram as condições de conforto e funcionamento do organismo arquitetônico; o **sistema de envoltória** delimita o edifício e cumpre a função de proteger os usuários das adversidades climáticas e dos ruídos e o **sistema de partições** que asseguram ao edifício as divisões internas e permitem a execução das tarefas próprias de cada espaço.

A partir da descrição desses subsistemas, o autor elabora uma figura comparativa ao sistema corporal humano (Figura 20).

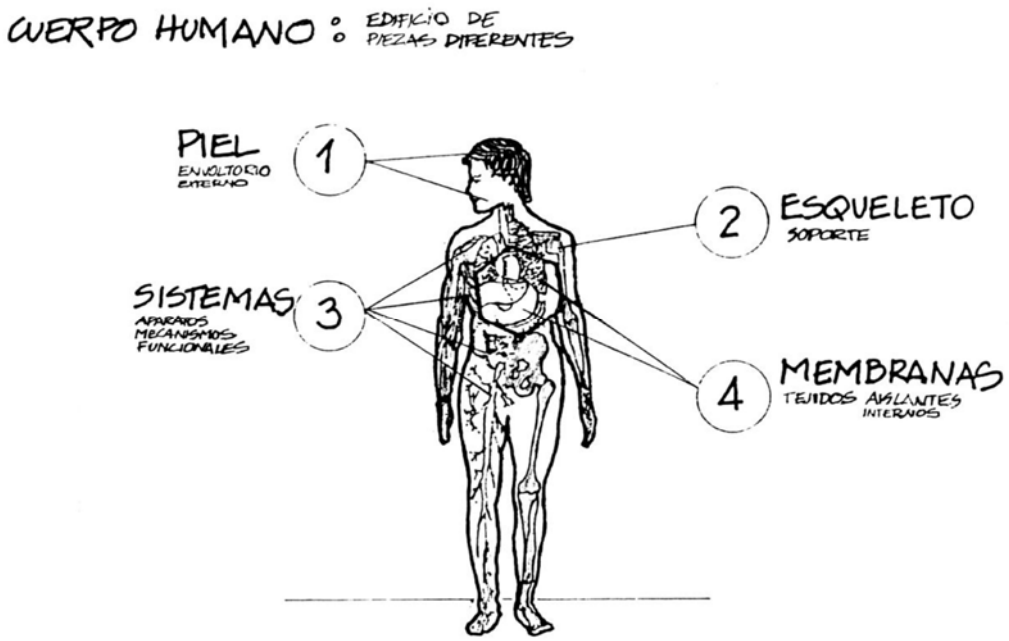


Figura 20 – O corpo humano é um edifício composto de muitas peças diferentes (Fonte: OYOLA, 2008).

Voltando à evolução história da analogia orgânica elaborada por Steadman (2008), o autor aponta para uma nova arquitetura "orgânica" que surge nos últimos 30 anos, principalmente relacionada aos projetos denominados de "verdes" [*green*], na qual se pode perceber a tradução dessa organicidade ocorrendo, principalmente, na manifestação visual da arquitetura, através de uma busca por materiais "naturais" e/ou por formas curvilíneas que se aproximam das formas da natureza. Há também uma busca pelo baixo impacto ambiental, cujas preocupações aproximam-se dos conceitos expostos por Yeang.

Uma recente manifestação da analogia orgânica do edifício pode ser encontrada, também, a partir do projeto digital, principalmente através da utilização dos algoritmos evolutivos aplicados ao projeto, já comentados no capítulo 3 desta tese. Steadman (2008) argumenta que os algoritmos evolutivos possibilitaram uma aplicação prática, na arquitetura, do método sistemático proposto por Alexander em "*Notes of the Synthesis of form*" (ALEXANDER, 1964). Pode-se complementar essa afirmativa, incluindo não somente essa publicação de Alexander, mas toda sua pesquisa sobre padrões de projeto, os quais são agora novamente utilizados nos projetos digitais baseados em algoritmos evolutivos.

Segundo Gabriel e Delbem (2008) os algoritmos evolutivos, cujos primeiros trabalhos surgem em 1930, constituem-se uma área de pesquisa em expansão. Também conhecida como computação genética ou "bioinspirada", vem associar às técnicas computacionais fundamentos biológicos dos processos evolutivos da natureza, principalmente baseada no "neodarwinismo" (RIDLEY, 1996 apud GABRIEL E DELBEM, 2008), que admite fatores como "mutação", "recombinação genética" e "seleção natural". Os algoritmos evolutivos são aplicados a diversas áreas de conhecimento e são capazes de buscar soluções adequadas para problemas complexos ainda não resolvidos. Caracterizam-se ainda pela modelagem simplificada, o que facilita sua utilização.

A aplicação desses algoritmos no projeto orientado à sustentabilidade ainda é experimental, mas pode produzir resultados extremamente frutíferos uma vez que permite trabalhar extensivamente com a noção de desempenho a partir de um grande número de variáveis. Os novos softwares de modelagem baseados nesses algoritmos podem possibilitar novas abordagens ao projeto orientado à sustentabilidade, em que desempenho do edifício poderá ser abordado de uma maneira extremamente mais integrada e dinâmica. Interações entre a modelagem generativa e o BIM já estão sendo elaboradas[25], o que permitirá integrar o gerenciamento da informação à modelagem paramétrica e à modelagem generativa.

4.5. Compreendendo o edifício como organismo

A partir deste recorte investigado sobre a analogia orgânica na arquitetura e a aproximação da compreensão do edifício ao conceito de organismo percebe-se que vários são os desdobramentos e interpretações possíveis. A partir das abordagens apresentadas podem ser destacadas duas visões para um melhor entendimento do projeto orientado para a sustentabilidade. A primeira, a visão orgânica "ecológica" do edifício, que se preocupa com a relação deste com o ambiente, entendendo a arquitetura como um sistema que se insere em um sistema maior e, portanto sujeito a interações. A segunda, a visão orgânica "funcional" do edifício que o compreende como um sistema hierárquico composto por subsistemas inter-relacionados, cuja organização contribui para determinadas metas de desempenho e para sua adaptação ao um contexto (ambiental, social, econômico) para o qual são definidas as metas.

[25] O software *Generative Components* da Bentley já apresenta elementos denominados "*BIM features*".

Como uma contribuição para este modo de compreender tanto o edifício, como seu processo de concepção como um organismo, e objetivando uma abordagem da sustentabilidade no processo do projeto de edifício, apresenta-se a seguir uma síntese, em que é enfocada a analogia orgânica do edifício a partir dos elementos investigados sobre o pensamento sistêmico e sua interface com a metodologia projetual.

Segundo Maturana e Varela (2001) a **organização** trata das relações que precisam acontecer para que algo exista. Mais especificamente a organização trata das "relações que devem ocorrer entre os componentes de algo, para que seja possível reconhecê-lo como membro de uma classe específica" (MATURANA E VARELLA, 2001, p. 54). Assim, um ser vivo, por exemplo, somente pode ser considerado como tal, porque possui uma organização que o permite defini-lo como ser vivo.

Segundo Bertalanffy (2010) o conceito de **sistema** é definido por um "conjunto de componentes em estado de interação". Então o conceito de organismo aproxima-se do próprio conceito de sistema, porém conferindo a este uma **identidade.** Ou seja, pode-se dizer que um organismo é um **sistema identificado** a partir de um fundo e que se estabelece como uma unidade particular para quem o observa.

Segundo Alexander (1979) um **padrão** é definido através de "uma lei morfológica que estabelece um conjunto de relações no espaço [...] dentro de um contexto do tipo X, as partes A, B[...] estão relacionadas mediante a relação R" (ALEXANDER, 1979, p.84).

A partir dessas três conceituações torna-se possível identificar semelhanças entre as descrições elaboradas para organização, sistema e padrão. Pode-se ainda deduzir que um sistema é formado por um conjunto de padrões relacionados, cuja organização, (ou linguagem, na visão de Alexander) estabelece uma identidade ao sistema a partir de um desempenho desejado.

A mesma organização, por sua vez, poderá possuir **estruturas** distintas, uma vez que a estrutura trata dos "componentes e relações que constituem concretamente uma unidade particular e configuram sua organização" (MATURANA E VARELLA, 2001, pg 54).

A estrutura é, portanto "[...] a incorporação física de seu padrão de organização. Enquanto a descrição do padrão de organização envolve um mapeamento abstrato de relações, a

descrição da estrutura envolve a descrição dos componentes físicos efetivos do sistema" (CAPRA, 2006, p.134).

Uma abordagem sistêmica aplicada à arquitetura pode ser considerada como um processo de reconhecimento do edifício como um organismo, cujo caráter é estabelecido através das relações que ocorrem internamente ao mesmo e das relações de acomodação deste organismo a um determinado contexto. O edifício enquanto organismo possui subsistemas inter-relacionados, e por sua vez o sistema edifício se insere em um sistema mais amplo, sendo sujeito a trocas e interferências.

A atenção no processo do projeto do edifício volta-se então não somente para a definição de seus componentes (sua estrutura), mas também para a definição de sua organização (as relações).

Quando sua organização atinge um nível de desempenho desejado (social, econômico e ambiental), e contribui em certa medida para a realização de um "cenário sustentável", pode-se dizer que este edifício possui um alto desempenho podendo ser caracterizado como sustentável para uma situação problema estabelecida em um determinado espaço.

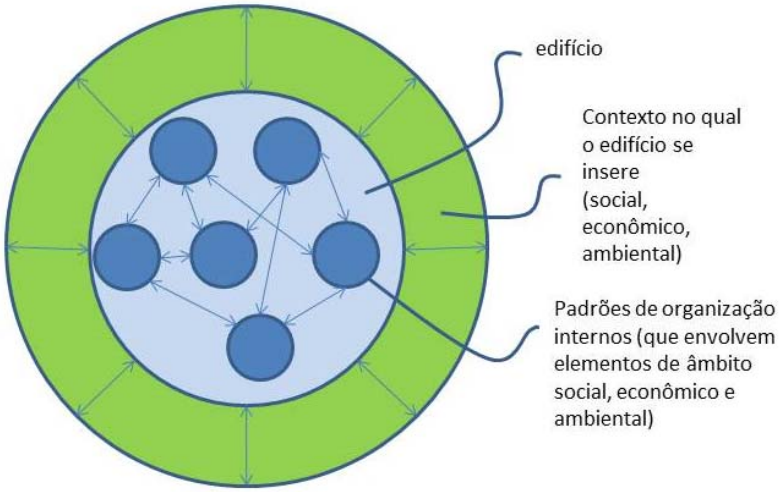


Figura 21 – O "organismo" edifício. Fonte: autora.

Por outro lado, o "desempenho desejado" é altamente contextualizado e somente poderá se dar em um determinado **espaço-tempo**, uma vez que o edifício participa do contexto e por ele é influenciado. O desempenho do edifício depende, portanto de uma real situação-**problema** existente que envolve condições sociais, econômicas, e ambientais estabelecidas

em um determinado contexto. Vale ressaltar que este desempenho desejado é também influenciado pelas disponibilidades tecnológicas e influências culturais, e que ambas também se modificam ao longo do tempo e espaço.

Assim, o desempenho desejado e que caracteriza a sustentabilidade de um edifício, **não** pode ser avaliado de forma idêntica para todos os edifícios de uma cidade, estado, país ou do mundo. O desempenho desejado é definido **para** uma dada situação-problema apresentada. A investigação da situação-problema permite compreender de que forma poderá o edifício participar na construção de um "cenário-sustentável", no qual permeiam decisões arquitetônicas referentes à programação, implantação, espacialidade, materialidade e mecanismos do edifício.

As metas de desempenho, por sua vez, **não** serão estabelecidas à priori do processo de concepção do edifício, mas serão desenvolvidas e aprofundadas durante a própria concepção. As metas definidas no início do processo atuam como uma "base onde caminhar" e poderão ser reavaliadas de acordo com respostas obtidas durante a concepção do edifício e que inclui processos de "conhecer-na-ação" e "refletir-na-ação" assim como os descritos por Schon (1983,2000). Esse processo de aprendizagem e reflexão através do próprio fazer, elaborado pelos atores participantes do processo poderão gerar novas metas ou eliminar outras anteriormente estabelecidas. A definição das metas de desempenho é um processo retroativo, onde cada informação alimenta uma nova decisão e um novo processo. A construção do problema só termina com a própria solução.

Para tratar a complexidade organizacional do edifício um poderoso recurso pode ser encontrado na compreensão de sua estrutura hierárquica, compreendendo o edifício como um sistema que acomoda subsistemas que por sua vez acomodam outros subsistemas, indo de relações mais complexas até elementos mais simples. Essa decomposição hierárquica do edifício em subsistemas não é única e pode ser elaborada sob distintos pontos de vistas, interessados em desempenhos particulares. Um exemplo de decomposição do edifício em subsistemas pode ser encontrado na pesquisa de Zambrano (2008).

A descrição desta hierarquia não necessariamente é expressa através de um diagrama hierárquico formal (como uma árvore), mas muitas vezes é apresentada por meio de um

diagrama de rede, onde subsistemas individuais afetam não somente o subsistema maior do qual pertencem, mas também outros subsistemas maiores que com ele se relacionam.

Conforme apontado por Simon (1996) uma abordagem muito comum no processo de concepção arquitetônica é a que denomina "ciclo gerador-teste" (SIMON, 1996, pg. 128). Trata-se de uma "decomposição hierárquica" do projeto, mas que garante que as inter-relações não estão sendo desconsideradas. Este processo envolve a geração de alternativas possíveis e do teste destas alternativas contra uma série de requerimentos e restrições. Para Simon, não existe, no processo de projeto, um único gerador-teste, mas toda uma série encadeada de tais ciclos. "Os geradores implicitamente definem a decomposição do problema de projeto e os testes garantem que consequências indiretas importantes serão noticiadas e ponderadas" (SIMON, 1996, pg. 129).

As redes de relações investigadas na decomposição hierárquica procuram relacionar elementos físicos do espaço, a eventos desejados e o desempenho esperado. O estabelecimento destas redes de relações não é único para qualquer edifício, mas exclusiva à situação-problema do projeto. Depende de seu contexto programático e do contexto urbano, ambiental e cultural no qual se insere.

Como exemplo bem simplificado desta decomposição hierárquica, podemos citar aquele dado por Simon para uma situação de projeto de aberturas (Janelas) para um ambiente específico.

> "uma série de geradores pode gerar um ou mais possíveis esboços e esquemas de aberturas para o edifício, enquanto os testes podem ser aplicados para determinar quando as necessidades de um tipo particular de ambiente foram alcançadas com os esboços gerados. Alternativamente, os esboços podem ser utilizados para desenvolver estrutura de ambientes, enquanto testes são aplicados para ver quando eles são consistentes com a forma e o projeto como um todo" (SIMON, 1996, p. 129, tradução nossa).

Para Simon, estas alternativas estão abertas, na organização do processo do projeto, enquanto os subsistemas podem ser resolvidos, antes que a coordenação global do projeto seja detalhada ou, vice-versa, o projeto global pode ser resolvido antes que os componentes e os seus elementos constituintes sejam desenvolvidos.

A decomposição hierárquica revela-se como poderosa ferramenta para compreensão das interdependências existentes entre os subsistemas do edifício, que por sua vez auxilia a compreensão da organização do edifício e composição de sua estrutura.

Nesta decomposição hierárquica, a retroação é um fenômeno constantemente observado ao longo da concepção do edifício. Durante o processo, as alternativas produzidas são analisadas, considerando-se diversos fatores de desempenho e estas, uma vez analisadas, podem novamente retornar ao processo inicial tornando-se "causas" para novas alternativas. Assim, o projetista faz escolhas a partir das alternativas produzidas. Cada escolha alimenta um novo processo que caminha rumo à solução final. A retroação é um processo extremamente aplicado ao projeto-que-busca-metas, ou projeto-baseado-no-desempenho e permite estabelecer uma flexibilidade no processo projetual que tende a evoluir em busca de determinados objetivos e metas. Neste sentido pode-se dizer que o projeto-baseado-no-desempenho se desenvolve através de um processo evolutivo.

Este processo descrito, claramente faz uma alusão aos processos de "conhecer-na-ação" e "refletir-na-ação" investigados por Schon (1983, 2000). Neste sentido, a tecnologia digital pode se configurar como uma grande aliada do projeto-baseado-no-desempenho, uma vez que permite a obtenção do conhecimento explícito sobre aquilo que é produzido, e possibilita a busca pelo desempenho durante todo o processo do projeto.

A abordagem da sustentabilidade do edifício trata-se de uma abordagem integrada, através da qual o desempenho do edifício deve ser analisado em suas diversas dimensões. Tal abordagem somente pode ser alcançada através de métodos de projeto que possibilitem uma compreensão sistêmica do objeto arquitetônico enquanto **sistema que se insere na cidade.**

Compreender o edifício como organismo significa reconhecê-lo como um sistema em estreito relacionamento com um contexto e composto por uma rede de inter-relacionamentos internos que o conferem uma identidade. A investigação dessa organização, bem como da adaptação desse organismo ao contexto é fundamental para uma abordagem sustentável do projeto.

A grande questão que se apresenta à arquitetura, no âmbito da sustentabilidade, está exatamente centrada na construção de métodos de projeto que permitam esta compreensão do edifício através de sua organização, elaborada de acordo com metas de desempenho, que por sua vez poderão surgir a partir da própria construção desta organização.

4.6. Conclusões do capítulo

Este capítulo objetivou apresentar um panorama sobre o significado da palavra "sustentabilidade" e sua assimilação no pensamento em projeto, mais especificamente no projeto de arquitetura.

No âmbito do pensamento em projeto, desde as preocupações iniciais referentes ao impacto ambiental dos produtos do projeto, percebe-se uma evolução para o reconhecimento destes produtos como componentes de um amplo cenário que se configura de uma forma sistêmica. Nesse sentido o produto, se devidamente planejado, pode colaborar para a construção de cenários "sustentáveis".

O edifício, por sua vez, pode ser reconhecido como um sistema que se insere em outro sistema e que dele participa. Essa compreensão sistêmica da arquitetura faz-se necessária para acomodar a sustentabilidade na concepção projetual em seu sentido mais amplo, que envolve não apenas questões ambientais, mas também sociais e econômicas. O edifício, compreendido a partir desta ótica, pode contribuir para a criação desses cenários sustentáveis.

Como contribuição ao entendimento sistêmico da arquitetura é apontada uma analogia orgânica da arquitetura. Compreende-se que reconhecer o edifício como um organismo pode se configurar como um método para abordar a complexidade do processo projetual. Isso possibilita a identificação e a compreensão das relações que ocorrem internamente no edifício e deste com o contexto, e que podem influenciar seu desempenho global.

O próximo capítulo destina-se a apresentar um experimento de aplicação dos conceitos explicitados na fundamentação teórica deste trabalho para o ensino de projeto de arquitetura. Investiga-se sobre a validade de aplicação desses conceitos ao ensino de projeto, em favor de uma maior compreensão da complexidade projetual do edifício. Pretende-se estabelecer como os conceitos tratados permitem que alunos de graduação em arquitetura possam reconhecer relações sistêmicas estabelecidas no próprio edifício e deste com o contexto no qual se insere, em favor de seu desempenho social, econômico e ambiental.

CAPÍTULO 5

Experimentação: relato da experiência pedagógica

no ateliê de ensino de projeto

5. EXPERIMENTAÇÃO: RELATO DA EXPERIÊNCIA PEDAGÓGICA NO ATELIÊ DE ENSINO DE PROJETO

O ferramental teórico estabelecido nos capítulos anteriores da presente tese é a seguir aplicado em termos experimentais no âmbito do ateliê de ensino de projeto de arquitetura. Procurou-se investigar criticamente como os conceitos sistêmicos, quando utilizados no ateliê de ensino, contribuíram para que alunos de arquitetura pudessem construir um entendimento sistêmico do objeto arquitetônico e de seu desempenho. Procurou-se investigar o próprio método de concepção como também o papel da concepção projetual enquanto formadora de conhecimentos. Assim, este capítulo apresenta um relato sobre a experiência de ensino de projeto aplicada na disciplina "Ateliê de Projeto Integrado de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo III", do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Vila Velha, no período de agosto de 2011 a dezembro de 2011. Este relato fundamentará a investigação sobre a experimentação, que será apresentada no capítulo 6.

5.1. Contextualização

5.1.1. O contexto acadêmico

A disciplina objeto da experimentação ocorre no âmbito do contexto acadêmico da Universidade Vila Velha (UVV). Trata-se de uma instituição particular com 35 anos de tradição em ensino superior e está localizada na cidade de Vila Velha, Espírito Santo. Oferece atualmente 50 cursos superiores e 25 cursos de pós-graduação *latus sensu*, além de 04 cursos de mestrado e 01 de doutorado.

O curso de Arquitetura e Urbanismo é um curso recente e foi concebido com uma proposta pedagógica pautada na interdisciplinaridade**.** A estrutura curricular do curso foi elaborada de forma que os conhecimentos teóricos e práticos acumulados no período possam ser diretamente aplicados na disciplina denominada "Ateliê Integrado de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo" (vulgarmente conhecida como Ateliê), de modo que ela possa atuar como "espinha dorsal" do curso. Trata-se de uma disciplina teórica e prática, relacionada à concepção projetual, na qual se pretende estabelecer uma síntese dos conteúdos absorvidos a cada período. Para que essa síntese se estabeleça de forma apropriada, as disciplinas "Ateliê" possuem uma carga horária ampliada, variando entre 180 a 220 horas por período, e desenvolvem-se com a presença de dois, três ou quatro professores, de acordo com a

complexidade programática e os conteúdos abordados. A equipe docente do Ateliê é composta por um professor denominado professor “gerente” e outros professores denominados professores “consultores”. O professor “gerente” é responsável por organizar e gerenciar o plano de aula, “orquestrando” o andamento da disciplina. Os professores “consultores” não necessariamente são arquitetos e podem ter formação em áreas complementares e afins da arquitetura. Atuam como consultores, ministrando assuntos específicos relacionados ao programa e orientando alunos em seus projetos.

O enfoque programático de cada Ateliê foi desenvolvido baseado nos conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas e práticas do semestre. Deste modo os enfoques foram distribuídos de forma a garantir um aprendizado contínuo das questões que cercam o projeto de arquitetura e urbanismo, através de conteúdos programáticos que são gradativamente dificultados, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Ementário das disciplinas “Ateliê” do curso de Arquitetura e Urbanismo da UVV. Fonte: Projeto pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo.

Ateliê I (3° período)	Sensibilização do aluno para o tema “habitar na cidade contemporânea”. Análise e discussão crítica da produção arquitetônica da habitação. Estudo preliminar e anteprojeto arquitetônico de edificações residenciais. Desenvolvimento de propostas que exercitem a capacidade criativa do aluno na proposição de novas possibilidades, contemplando as atividades da vida urbana contemporânea, levando em consideração a necessidade constante de flexibilização e adaptação dos espaços. Noções de programa, uso e atividades. Condicionantes legais e ambientais no processo de concepção do Partido. O edifício e o contexto do entorno. O Processo Projetual: análises conceituais, plástico-formais, funcionais, técnico construtivas, estruturais e metodológicas de organização e construção do espaço arquitetônico, paisagístico e urbano. A Escala Humana no desenvolvimento do projeto: percepção, sensações, ergonomia e acessibilidade.
Ateliê II (4° período)	O Edifício Institucional. Identificação das particularidades das atividades nos espaços institucionais. Reflexão sobre as relações espaciais entre ambientes e entre os ambientes e o paisagismo Verificação das condicionantes de conforto ambiental nos ambientes institucionais. Análise das questões ambientais e de desempenho das edificações perante o amplo conceito de sustentabilidade. Investigação do entorno: uso do solo e normas urbanísticas. Identificação das técnicas construtivas e materiais empregados nos edifícios institucionais assim como a análise da maximização da utilização dos sistemas estruturais e suas características intrínsecas como: desenho, textura e cor. Análise da volumetria, luz, visuais, relações entre elementos naturais e artificiais, linguagem e partido arquitetônico. Elaboração de programa de necessidades e fluxogramas. Análise da acessibilidade a pessoas com deficiência e a implantação do conceito de arquitetura inclusiva.

Tabela 1 (continuação) – Ementário das disciplinas “Ateliê” do curso de Arquitetura e Urbanismo da UVV. Fonte: Projeto pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo.

Ateliê III (5° período)	O Edifício Vertical com programa "híbrido", contendo espaços de múltiplos usos destinados às atividades comerciais, de serviço e lazer. Projeto de Paisagismo dos espaços livres e públicos de uso comum do Edifício Vertical: elementos de paisagismo, composição, acessibilidade, revestimentos, equipamentos, mobiliários e vegetação. Investigação das relações estabelecidas entre Arquitetura e o Meio Urbano e Natural. Investigação da Arquitetura enquanto catalisadora das relações urbanas e promotora da dinamicidade, fluidez e versatilidade do local. Inter-relações estabelecidas entre os subsistemas do edifício e o projeto arquitetônico. Investigação crítica do edifício destinado às atividades comerciais e de serviços, e proposição de novas possibilidades que transcendam os estereótipos de mercado.
Ateliê IV (6° período)	Anteprojeto de um edifício promovendo a compreensão das relações entre o Turismo e a Hotelaria como importante setor da economia, abordando também aspectos históricos, projetuais, estruturais, ambientais, paisagísticos e urbanos. Os impactos ambientais e urbanos dos empreendimentos turísticos. Noções técnicas/estéticas do projeto de paisagismo, especificação de espécies vegetais, paisagismo volumétrico, desenho da paisagem, características morfológicas e compositivas do paisagismo. Iluminação externa. Detalhamento de um "lugar" do projeto de paisagismo. Planejamento e Projeto do Espaço Turístico. Estudo de viabilidade econômico-financeira. Perfil do público alvo. Áreas e instalações oferecidas. Elaboração do Programa de necessidades. Usos e Funções. Acessibilidade. Dimensionamento. Pré-lançamento estrutural e Sistemas Construtivos. Especificações técnicas dos materiais e detalhamento de fachada.
Ateliê V (7° período)	O Planejamento e o projeto de espaços destinados à saúde, do estudo preliminar ao projeto executivo. Metodologia de Projeto Arquitetônico aplicada a edificações de funções complexas. Planejamento físico-funcional de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), considerando suas atribuições e normas técnicas específicas. Análise de projetos de EAS, tipologias e partidos arquitetônicos. Desenvolvimento de programa de necessidades; análise dos aspectos morfológicos, construtivos e ambientais. Projeto de Paisagismo das áreas externas e das praças de convivência. Enfoque nos diferentes graus de complexidade dos conteúdos arquitetônicos, urbanísticos e paisagísticos do projeto numa abordagem interdisciplinar na identificação dos condicionantes e diretrizes norteadoras do projeto.
Ateliê VI (8° período)	Projeto de intervenção urbana em sítio histórico. Compreensão das relações entre história, patrimônio, arquitetura, paisagismo e desenho urbano. Limites e possibilidades, legais e conceituais, como instrumentos projetuais eficientes. Problemas funcionais e formais presentes na organização e na construção do espaço urbano e seus componentes: sistema viário e circulação de veículos, circulação de pedestre, paisagismo, praças e largos, iluminação pública, mobiliário urbano, sinalização e programação visual.
Ateliê VII (9° período)	Projeto de intervenção em Centros Urbanos com ênfase na mobilidade e requalificação de ecossistemas urbanos. A dinâmica urbana e a construção da qualidade espacial dos espaços públicos. O Desenho Urbano e o retorno à abordagem morfológica da estrutura urbana. Desenho e detalhamento de frações urbanas complexas: áreas centrais, degradadas, consolidadas ou em processo de consolidação. Reconfiguração do tecido urbano visando a transformação de limites e nós em caminhos acessíveis e inclusivos. O Paisagismo, as relações sócio-espaciais e as redes tecnológicas que estruturam a cidade.

A experiência pedagógica investigada nesta tese ocorre na disciplina Ateliê III, oferecida no quinto período do curso. O aluno de quinto período do curso possui competências distintas conforme indicado na grade curricular apresentada na Figura 22.

1º Período	INTRODUÇÃO À ARQUITETURA E URBANISMO 40 horas	ESTÉTICA E HISTÓRIA DA ARTE I 60 horas	TEORIA E HISTÓRIA DA ARQUITETURA, URBANISMO E PAISAGISMO I 80 horas	DESENHO E MEIO DE REPRESENTAÇÃO E EXPRESSÃO I 80 horas	GEOMETRIA APLICADA À PRODUÇÃO ARQUITETÔNICA 80 horas	CIDADE, SEGURANÇA E SAÚDE 60 horas	PERCEPÇÃO DO ESPAÇO ATRAVÉS DA FOTOGRAFIA 40 horas
2º Período	ESTÉTICA E HISTÓRIA DA ARTE II 60 horas	TEORIA E HISTÓRIA DA ARQUITETURA, URBANISMO E PAISAGISMO I 100 horas	DESENHO E MEIO DE REPRESENTAÇÃO E EXPRESSÃO II 80 horas	DESENHO ARQUITETÔNICO E PERSPECTIVA 100 horas	ACESSIBILIDADE E DESENHO UNIVERSAL 60 horas	CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA I 60 horas	
3º Período	ATELIÊ DE PROJETO INTEGRADO DE ARQUITETURA, URBANISMO E PAISAGISMO I 120 horas	MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO I 80 horas	CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA II 60 horas	SISTEMAS ESTRUTURAIS I 60 horas	TOPOGRAFIA E GEOMORFOLOGIA 80 horas	METODOLOGIA CIENTÍFICA 40 horas	
4º Período	ATELIÊ DE PROJETO INTEGRADO DE ARQUITETURA, URBANISMO E PAISAGISMO II 180 horas	MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO II 80 horas	CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA III 60 horas	SISTEMAS ESTRUTURAIS II 60 horas	INFORMÁTICA APLICADA À ARQUITETURA, URBANISMO E PAISAGISMO I 60 horas		
5º Período	ATELIÊ DE PROJETO INTEGRADO DE ARQUITETURA, URBANISMO E PAISAGISMO III 180 horas	MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO III 60 horas	ARQUITETURA E PLANEJAMENTO DE INTERIORES 80 horas	SISTEMAS ESTRUTURAIS III 60 horas	FUNDAMENTOS SOCIAIS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS APL. À ARQUITETURA E URBANISMO 60 horas		

Figura 22 – Disciplinas cursadas e em curso pelo aluno de quinto período da Faculdade de Arquitetura da UVV (Fonte: projeto pedagógico do curso)

5.1.2. A sala de aula para ensino da disciplina Ateliê III

A sala de aula destinada ao ensino de projeto na Universidade Vila Velha foi projetada de modo a possibilitar uma dinâmica variada e integrada, na qual seja possível utilizar ferramentas diversas, tais como: a modelagem física; a modelagem virtual; o desenho manual; entre outros. Sua configuração geométrica procurou fugir da concepção "tradicional" do ateliê de projeto, ainda centrado na disposição de pranchetas individuais, que incentiva uma prática de orientação individual aluno-professor, o que pode prejudicar processos de colaboração entre os próprios alunos e entre alunos e professores.

Com o objetivo de permitir essa dinâmica variada, a sala de aula possui mesas de trabalho onde os alunos sentam juntos, lado-a-lado e frente-a-frente, de modo que seja possível estimular a colaboração e a troca de informações não somente entre professores e alunos, mas também entre os próprios alunos (Figura 23). A sala é equipada com internet *wireless*, o que permite o acesso à *web* pelos alunos na procura de informações, através da utilização de seus próprios *notebooks* pessoais.

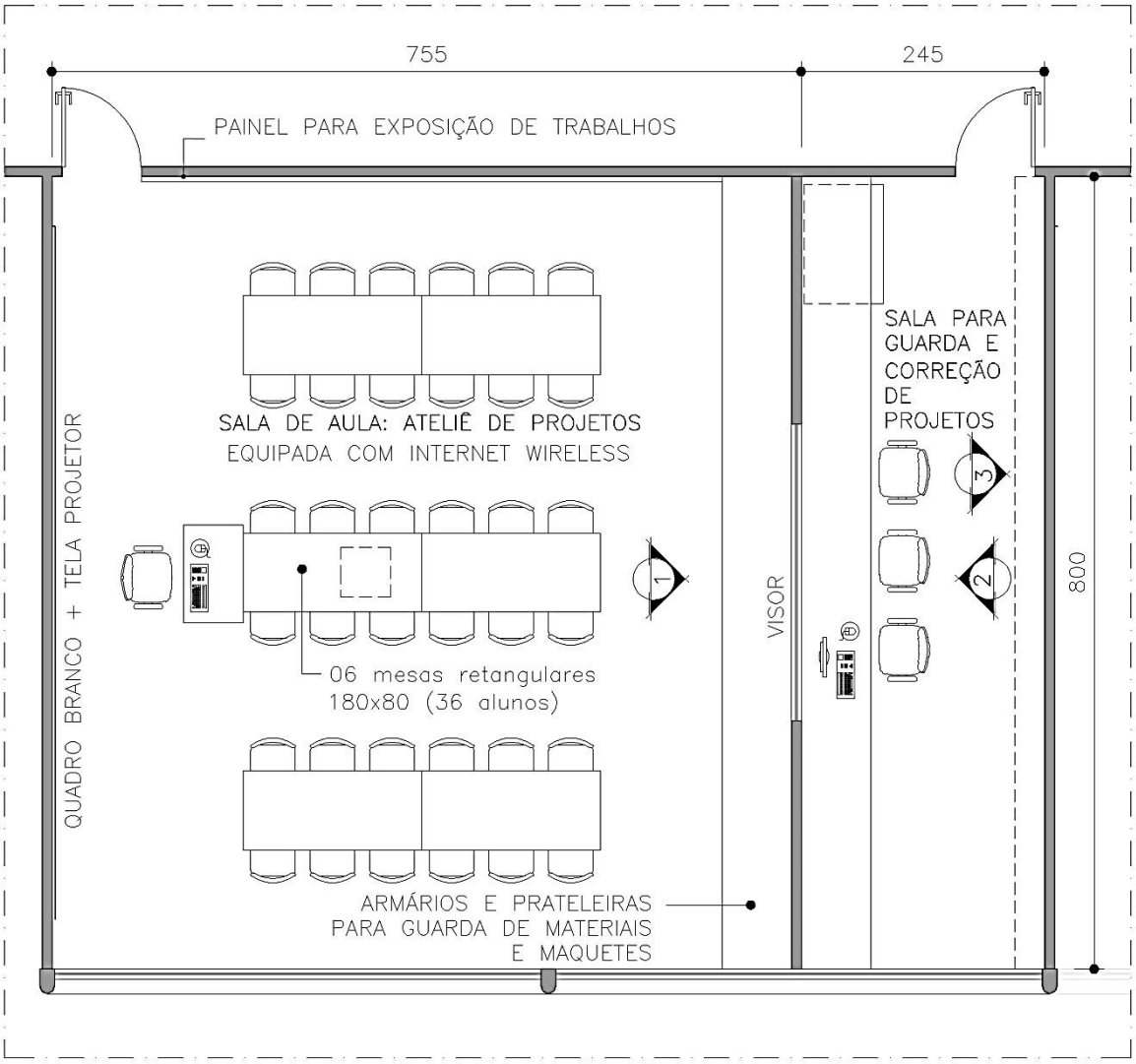


Figura 23 - A sala de aula para ensino de Ateliê da Universidade Vila Velha (Fonte: autora).

Destinada a ser um local de "domínio" não só do professor, mas também do aluno, a sala é também equipada com armários e prateleiras nos quais cada aluno pode guardar seu material, bem como suas maquetes de concepção, de modo que possam ser utilizadas durante toda a evolução projetual, evitando que sejam "esquecidas" em casa após sua "apresentação" em determinada etapa do trabalho. Anexo à sala de aula está localizado um acervo onde é possível guardar trabalhos já entregues pelos alunos, que serão possivelmente expostos posteriormente para a comunidade acadêmica.

A configuração espacial da sala bem como seu mobiliário possibilitam dinâmicas variadas: exposições orais centradas no professor, utilização do *DataShow*, utilização de *notebook* pessoal, desenho à mão, confecção de maquete, dinâmicas de grupo e exposições no mural (Figura 24 e Figura 25).

Figura 24 - Sala de aula sendo utilizada em dinâmicas variadas: exposição oral, confecção de maquete, utilização de notebook, desenhos manuais, exercícios em grupo (Fonte: autora).

Figura 25 - Sala de aula sendo utilizada em dinâmicas variadas: exposição oral, confecção de maquete, utilização de notebook, desenhos manuais, exercícios em grupo (Fonte: autora).

5.1.3. O corpo docente do Ateliê III

A disciplina Ateliê III atualmente é ministrada por quatro professores, cuja formação e participação se caracterizam da seguinte maneira:

- 01 Professor Gerente: professor arquiteto, mestre em conforto ambiental, doutorando em ciências da arquitetura, com experiência didática e prática em arquitetura, sustentabilidade e conforto ambiental.
- 03 Professores consultores, sendo:
    - 01 professor arquiteto, mestre em engenharia ambiental, com experiência didática e prática em arquitetura e avaliação ambiental (consultor 01).
    - 01 professor arquiteto, mestre em conforto ambiental, com experiência didática e prática em arquitetura, conforto ambiental e paisagismo (consultor 02).
    - 01 professor arquiteto, especialista em BIM, com experiência didática e prática em arquitetura e ensino de BIM (consultor 03).

A carga horária da disciplina se distribui conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Carga horária docente para a disciplina Ateliê III.

	Teoria (T)	Prática Teoria (PT)	Prática Projeto (PP)	CH docente semanal	CH docente
Prof. Gerente	2	4	3	9	
Consultor 01	-	3	-	3	
Consultor 02	-	2	-	2	
Consultor 03	-	-	2	2	
Total				16	320hs

Aulas Teóricas (T): ministradas pelo professor Gerente
Aulas Prático-Teórica (PT): dois professores com a turma inteira
Aulas Práticas (PP): dois professores com a turma dividida

5.1.4. O enfoque conceitual-programático do Ateliê III: O edifício híbrido

Para contextualizar a experimentação realizada, faz-se necessário identificar com mais propriedade o enfoque conceitual-programático abordado no Ateliê III.

A disciplina Ateliê III, objeto da experimentação, é a terceira disciplina de projeto da grade curricular e é oferecida no quinto período do curso. A ementa definida no projeto pedagógico do curso descreve-se da seguinte maneira:

> "O Edifício Vertical com programa "híbrido", contendo espaços de múltiplos usos destinados as atividades comerciais, de serviço e lazer. Projeto de Paisagismo dos espaços livres e públicos de uso comum do Edifício Vertical: elementos de paisagismo, composição, acessibilidade, revestimentos, equipamentos, mobiliários e vegetação. Investigação das relações estabelecidas entre Arquitetura e o Meio Urbano e Natural. Investigação da Arquitetura enquanto catalisadora das relações

> urbanas e promotora da dinamicidade, fluidez e versatilidade do local. Inter-relações estabelecidas entre os subsistemas do edifício e o projeto arquitetônico. Investigação crítica do edifício destinado às atividades comerciais e de serviços, e proposição de novas possibilidades que transcendam os estereótipos de mercado" (PROJETO PEDAGÓGICO ..., 2011)

O Enfoque programático do Ateliê III refere-se, portanto, à concepção de um edifício vertical destinado a abrigar múltiplas atividades. Procura-se, desse modo, investigar uma modalidade programática, denominada **edifício híbrido**, que pretende abrigar múltiplas funções inter-relacionadas, e por sua vez, se caracteriza como uma estrutura que interage abertamente com o meio urbano em que está inserido.

Os edifícios híbridos são apontados por Stevel Holl (HOLL, 2011) como uma modalidade programática emergente na cidade contemporânea, que surge como resposta à necessidade de adensamento do uso do solo e multiplicidade de usos. Por sua vez, pode contribuir, para a geração de "novos" espaços públicos. Para o autor, edifícios híbridos possuem as seguintes características:

a) Estão "encubados" nas cidades do século XXI
b) Conformam por si mesmos espaços públicos
c) Possuem justaposições programáticas
d) São "condensadores sociais" de moradia, trabalho, ócio e cultura
e) Possuem formas dinâmicas
f) Possuem uma arquitetura altamente sustentável
g) Seu próprio contexto programático sugere uma liberdade para a exploração de novos conceitos formais.

Procura-se, juntamente com os alunos, uma investigação sobre essa modalidade programática, bem como sobre as questões relacionadas à sua inserção na cidade. Por outro lado, o enfoque conceitual-programático procura também investigar de que modo um "edifício híbrido" pode contribuir para a qualidade do espaço urbano.

A partir dessa contextualização programática, elaboram-se alguns objetivos que fundamentam e orientam a evolução da disciplina. São eles:

- Investigar o conceito "edifício híbrido";
- Investigar o conceito "arquitetura sustentável";

- Explorar a relação edifício x ambiente urbano, investigando a inserção urbana de um edifício de grande porte e as relações de interdependência estabelecidas entre o edifício e o contexto urbano.
- Investigar a capacidade do projeto do edifício híbrido de contribuir para a qualidade deste espaço urbano, colaborando para sua dinâmica.
- Explorar a relação edifício x usuários, investigando a capacidade do edifício e de seu contexto programático de estabelecer relações positivas entre os usuários do próprio edifício e entre esses e a vizinhança, colaborando para as interações sociais urbanas.
- Explorar a relação edifício x ambiente natural, investigando a adequação climático-ambiental do edifício.
- Estabelecer requisitos de desempenho relacionados tanto ao funcionamento do próprio edifício como também à sua inserção no contexto e projetar levando em consideração esses requisitos.
- Compreender a organização físico-espacial de um edifício vertical multifuncional que comporta múltiplas funções e múltiplos andares, cujo sistema construtivo (suporte, envoltória, vedações, mecanismos) possui um papel fundamental nas decisões de projeto.
- Explorar a contribuição das ferramentas digitais não só para a representação, mas também para a concepção do projeto do edifício, testando diferentes interfaces em diferentes momentos de projeto.

5.1.5. A abordagem da sustentabilidade no Ateliê III

A partir do programa "edifício híbrido" a discussão desdobra-se no conceito "sustentabilidade", no qual se suscita uma interrogação com os alunos para as seguintes questões: O que é um edifício híbrido? O que é sustentabilidade? O que é um edifício híbrido sustentável?

O conceito "sustentabilidade" é explorado através de exposições orais, leitura e discussão de textos pertinentes, que enfatizam a sustentabilidade como a **adequação econômica, social e ambiental do edifício em um dado espaço-tempo.** Procura-se refletir, juntamente com os alunos, sobre questões já apontadas no capítulo 4 desta tese, principalmente no que se refere à capacidade do edifício de possibilitar e fazer parte de um "cenário sustentável". Não se pretende, de forma alguma, esgotar todas as questões relacionadas ao conceito

“sustentabilidade” com os alunos, especificamente no Ateliê III, o que seria de extrema complexidade para alunos de quinto período, inexperientes no ato de projetar e de construir. Objetiva-se estabelecer, juntamente com eles, **diretrizes projetuais e requisitos de desempenho**, relacionados ao programa “edifício híbrido”, que podem contribuir para um projeto orientado para a sustentabilidade. Essas diretrizes e requisitos por sua vez não serão fixados exclusivamente no início da disciplina pelos professores, mas serão construídas ao longo do processo projetual pelos próprios alunos, incentivados pelos professores, a partir de análise e investigações realizadas por ambos.

5.2. O plano de ensino e os produtos

O plano de ensino investigado foi estruturado através de uma evolução em “módulos”. Cada módulo de ensino se propôs a tratar de questões específicas do projeto relacionadas à compreensão sistêmica do edifício. A sequência dada aos módulos segue do geral para o particular, porém organizada de forma que as decisões tomadas estejam sempre interligadas durante todo o processo.

A opção pela estruturação do ensino de projeto em “módulos” teve como objetivo possibilitar aos alunos de arquitetura de 5° período uma estratégia organizada que lhes permitisse tratar a complexidade projetual de um edifício multifuncional e de múltiplos andares. Cada módulo de ensino tratou de um problema específico relacionado com a evolução conceptiva do projeto. Procurou-se em momentos determinados possibilitar uma maior atenção do aluno em questões específicas do projeto, de modo que fosse possível compreender com maior clareza a influência de decisões particulares do projeto, na totalidade do edifício. Desejava-se assim que os alunos fossem auxiliados em processos de síntese dos conteúdos absorvidos, de forma que essa síntese não ficasse a cargo exclusivamente do aluno, mas que fosse estabelecida através de exercícios orientados e acompanhados em sala de aula. Procurava-se, dessa forma, exercitar processos de **retroalimentação**, nos quais cada nova informação, obtidas pelas próprias observações dos alunos sobre o que era produzido ou pelas orientações e exposições do professor, pudesse alimentar novos processos e novas descobertas. Pretendia-se ainda permitir que o aluno pudesse elaborar processos reflexivos de aprendizado a partir do “conhecer-na-ação” e “refletir-na-ação”, preconizados por Donald Schon (2000).

Nessa estruturação em módulos, optou-se por, ao invés de expor aos alunos todas as restrições e exigências normativas e funcionais do edifício em um único momento, inseri-las

gradativamente ao longo da disciplina, em tempos distintos da evolução do projeto. Buscava-se possibilitar um maior entendimento sobre a influência de cada exigência particular no desempenho global da edificação. Essa decisão apoiou-se no argumento de Schon (2000) de que as descrições do projeto, ao longo do processo de ensino, devem ser ocorrer no ato do aluno, enquanto ele se encontra na tarefa e devem ser adequadas "às confusões, às perguntas, às dificuldades e o potencial do estudante naquele momento" (SCHON, 2000, p.128).

A estratégia do plano de ensino de possibilitar uma evolução projetual através da estruturação em módulos apoia-se também no argumento de Schon de que é possível decompor o processo do projeto em "partes componentes". Para SCHON (2000), o projeto é uma "habilidade holística" e deve-se entendê-lo como um todo. Dessa forma não é possível aprendê-lo de uma forma molecular, através do desenvolvimento de "pequenas unidades de atividades" que posteriormente sejam agregadas, uma vez que as peças interagem umas com as outras e produzem significados. Porém Schon reconhece que o processo de projeto pode ser "quebrado" em "partes componentes" através de estratégias de decomposição, úteis tanto à prática quanto à instrução. Isso é válido desde que seja possível integrar essa decomposição com um processo mais amplo, de modo que seja possível reconhecer o todo, mesmo no desenvolvimento das "partes componentes".

A estruturação em módulos apoia-se também no argumento de Simon (1996) sobre a **decomposição hierárquica**. Para esse autor decompor o problema do projeto em uma estrutura hierárquica é uma maneira eficiente de tratar a complexidade do processo. Nessa decomposição é importante reconhecer o objeto do projeto como um sistema que possui uma hierarquia de níveis, e constituído de partes em interações. Cada parte componente do objeto desempenha subfunções particulares que contribuem para o funcionamento do objeto como um todo. Um sistema hierárquico, portanto, é composto por subsistemas inter-relacionados. A decomposição de um problema de projeto em um sistema hierárquico não é única e pode ser elaborado sob pontos de vistas distintos interessados em problemas específicos. Essa decomposição para o autor é uma técnica eficiente para se conceber estruturas complexas. Uma vez compreendidas as inter-relações é possível se decompor o problema em uma estrutura hierárquica de forma que as partes componentes possam ser resolvidas com algum grau de independência, mas sem que se perca sua relação com o todo.

A abordagem de ensino investigada teve sua construção apoiada nesses dois argumentos de Schon e Simon. A estruturação em módulos objetivou estabelecer relações entre a concepção das partes e a concepção do todo durante a evolução do projeto, através de uma **decomposição hierárquica.**

Durante a evolução da concepção projetual realizada em sala de aula, a partir de uma concepção geral do edifício, iniciou-se um exercício de aprofundamento de suas "partes componentes". Assim, cada solução encontrada para estas partes e hierarquizada a partir do "todo" pode ser testada frente a este, de modo a ser validada em função do desempenho global. O "todo" por sua vez pode ser testado frente ao desempenho da "parte funcional" e reavaliado. Procurou-se assim por um processo recursivo "onde os produtos e os efeitos são ao mesmo tempo causas e produtores do que os produz" (MORIN, 2007, p. 74).

A partir da estruturação em módulos, pretendeu-se trabalhar conceitos explorados no âmbito do pensamento sistêmico, tais como "sistema", "hierarquia", "organização", "retroalimentação" e "contextualização", objetivando-se que alunos possam construir uma compreensão sistêmica do edifício, de forma que essa compreensão possa contribuir para o desempenho do próprio edifício.

A estrutura evolutiva da concepção projetual elaborada na disciplina Ateliê III está representada na Figura 26. A fim de possibilitar essa evolução, o método de ensino desenvolve-se em seis "módulos", denominados "Contextualização", "Proposição", "Organização e Partido", "Decomposição Hierárquica", "Espaços orientado pelos eventos" e "Envoltória a partir do Desempenho". O plano de ensino realizado em cada módulo será relatado a seguir.

Vale ressaltar que o plano de ensino investigado foi construído para uma disciplina de projeto com uma carga horária estendida, com 9 horas semanais, totalizando 180 horas por semestre letivo. Trata-se de uma disciplina de Projeto Integrado, que funciona como "espinha dorsal" do curso de arquitetura no qual a experimentação foi realizada, e conta com a presença de três professores em sala de aula. Essa carga horária, bem como a presença de três professores foi fundamental para a construção de plano do ensino, sendo que os tempos destinados para cada módulo foram estimados em função dessa disponibilidade.

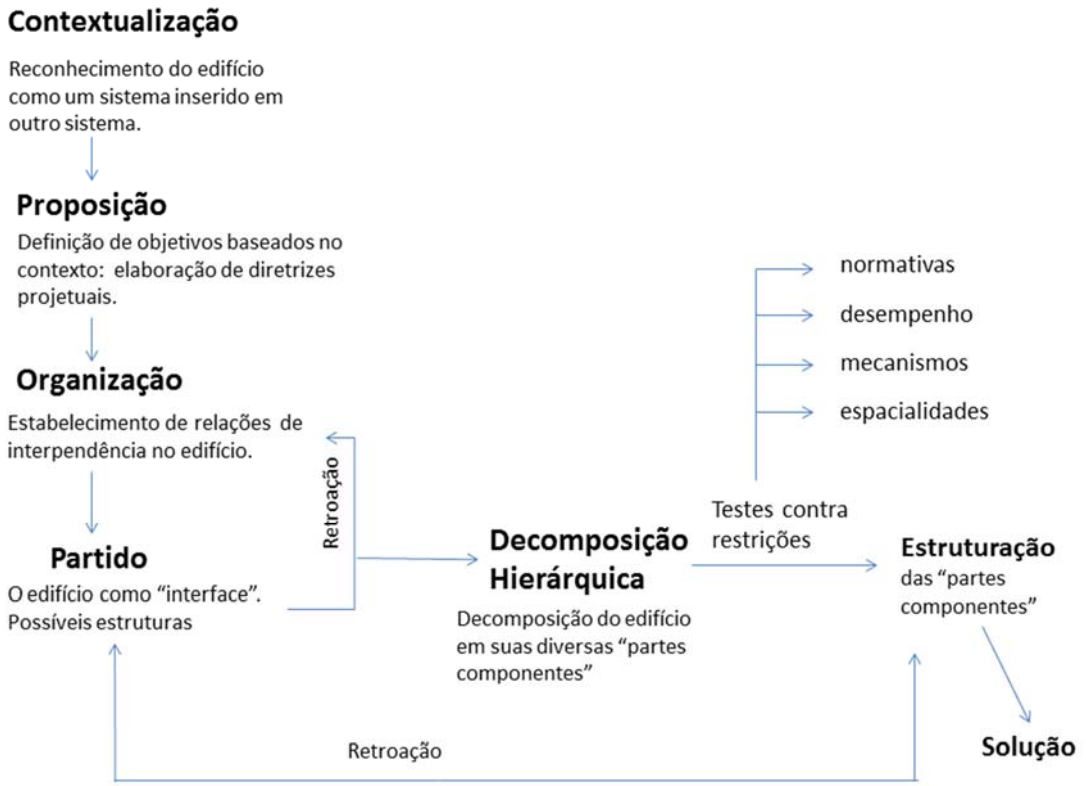


Figura 26 – Estrutura evolutiva do plano de ensino desenvolvido no Ateliê III (Fonte: autora).

5.2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O primeiro módulo do plano de ensino intitulado "CONTEXTUALIZAÇÃO" marcou o início da disciplina e possuiu como objetivo principal possibilitar aos alunos uma investigação crítica do "contexto" para o qual o edifício será concebido e o reconhecimento do edifício como um **sistema** que participa ativamente desse contexto. A investigação do "contexto" envolveu a exploração de duas situações: o **contexto programático** do edifício que lhe confere o caráter de "híbrido", e o **contexto ambiental, econômico, social e urbano** do qual participa o edifício. Essa **contextualização** apresenta os seguintes objetivos específicos:

a) Investigar os conceitos "edifício híbrido" e "sustentabilidade", estabelecendo interfaces entre ambos.
b) Reconhecer o cenário natural e urbano no qual o edifício será implantado, investigando as principais variáveis que compõem esse cenário e que possuem uma forte relação com a concepção do edifício, identificando potencialidades que possam ser exploradas e/ou adversidades que precisam ser contornadas.

Para essa tarefa, esse módulo estruturou-se em exercícios orientados, e seu fluxograma é apresentado na Figura 27.

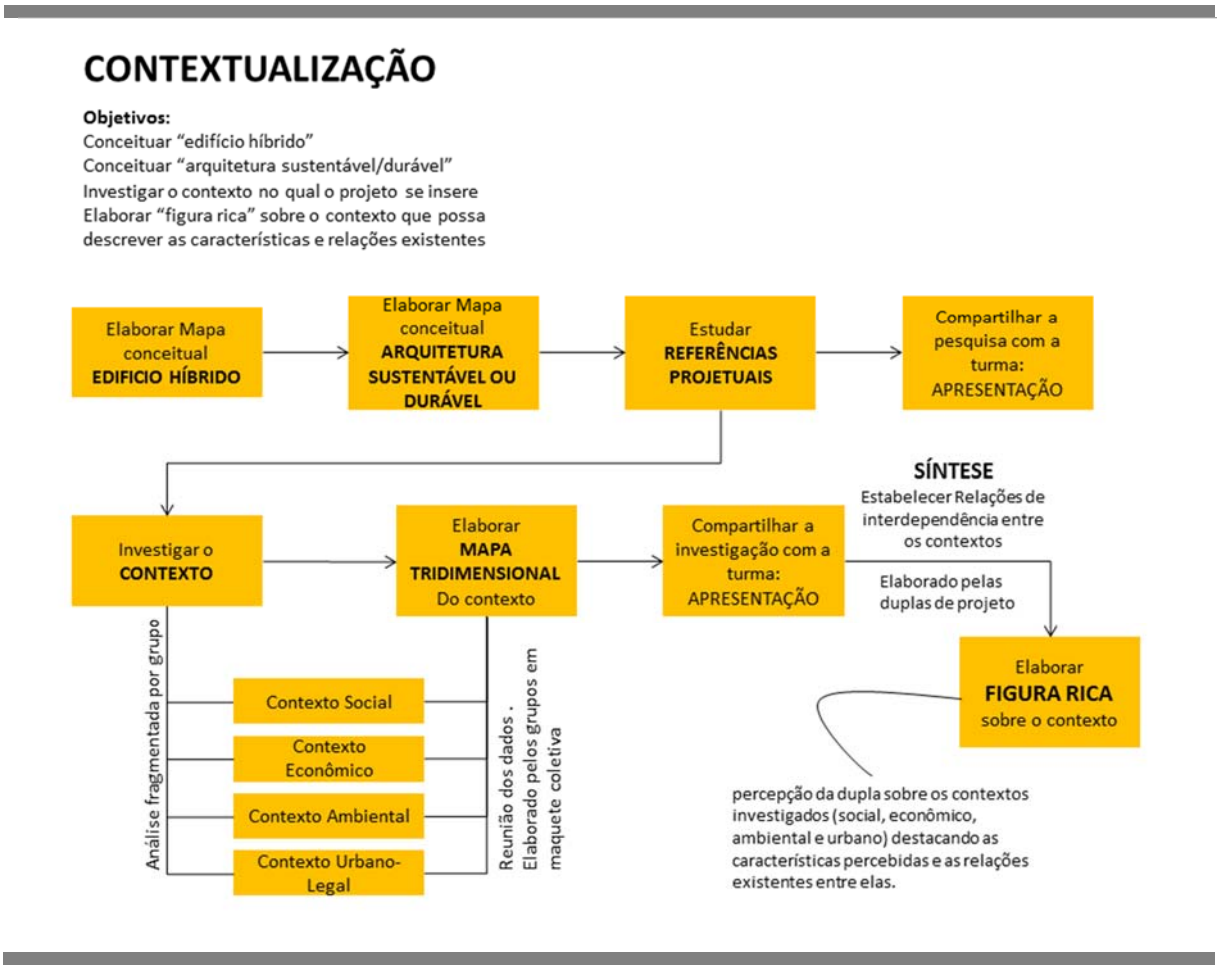


Figura 27 – Fluxograma do Módulo "Contextualização" (Fonte: autora).

5.6.1.1. Construindo mapas conceituais

O primeiro exercício do módulo destinou-se à exploração dos conceitos "edifício híbrido" e "arquitetura sustentável". Para isso, iniciou-se um debate sobre o significado desses conceitos em sala de aula, incentivado por aulas expositivas sobre o assunto e pela leitura de textos pertinentes. A partir desse debate, os alunos foram convidados a elaborar um **mapa conceitual**[26] sobre os dois conceitos.

[26] O mapa conceitual foi originalmente desenvolvido como uma técnica de pesquisa para dar sentido aos dados coletados em entrevistas médicas. A partir de então diversos foram seus desdobramentos e aplicações (NOVAK and MUSONDA, 1991 apud CROASDELL, FREEMAN, URBACZEWSKI, 2003). Sua fundamentação está baseada na teoria de assimilação de Ausubel (1968 apud CROASDELL, FREEMAN, URBACZEWSKI, 2003) e na teoria associacionista de Deese (1965 apud CROASDELL, FREEMAN, URBACZEWSKI, 2003). Este instrumento configura-se essencialmente como um instrumento de compreensão sistêmica sobre determinado assunto.

Um mapa conceitual configura-se como um estruturador do conhecimento que permite revelar como o assunto está organizado na estrutura cognitiva do autor, permitindo analisar a profundidade desse conhecimento. Trata-se de

> "[...] uma estrutura esquemática para representar um conjunto de conceitos imersos numa rede de proposições [...] pode ser entendido como uma representação visual utilizada para partilhar significados, pois explicita como o autor entende as relações entre os conceitos anunciados" (Tavares, 2007, p.72).

O mapa conceitual atua, portanto, como um instrumento eficiente para a compreensão, por parte do professor, de como os conceitos apresentados são absorvidos pelo aluno e como eles estão organizados em sua estrutura cognitiva. Isso permite um maior diálogo entre o que é ministrado e o que é aprendido. Para o aluno, o mapa conceitual atua como um instrumento de **construção de conhecimento**, ficando, neste momento, claro para si suas dificuldades de entendimento do assunto. Nesta construção, de acordo com as dificuldades encontradas, o aluno pode procurar o professor para debate ou se dedicar novamente às fontes de pesquisa sobre o assunto. Desse modo, o mapa conceitual "é um instrumento facilitador da meta-aprendizagem, possibilitando uma oportunidade do estudante de aprender a aprender" (TAVARES, 2007, p. 74).

O **mapa conceitual hierárquico** foi adotado como estratégia de construção do mapa conceitual. Tal mapa baseia-se na diferenciação progressiva e na reconciliação integrativa. Na diferenciação progressiva, um conceito maior é desdobrado em diversos outros conceitos que nele estão contidos, indo de conceitos mais globais a outros menos inclusivos. Na reconciliação integrativa, um determinado conceito é relacionado a outro conceito aparentemente díspar, estabelecendo assim uma conexão entre conceitos que não era claramente percebida.

Os mapas conceituais foram elaborados pelos alunos, a partir da leitura de três textos: (i)"*Hybrid Building*" e (ii) "*This is Hybrid*", escritos respectivamente por Steven Holl e Javier Mozas para o livro editado pela revista espanhola A + T: "*This is Hybrid. An analysis of mixed-use buildings by a+t*" (PER, MOZAS e ARPA, 2011) e (iii) o artigo de Bruno Massara (2011) "Arquitetura Durável nas Metrópoles: uma abordagem crítica da sustentabilidade nos projetos urbanos".

Os textos escolhidos apresentam duas questões importantes investigadas no módulo "Contextualização": o caráter de um edifício híbrido metropolitano enfatizando sua relação

com o espaço público e com a cidade; e uma revisão crítica do conceito “sustentabilidade”, em busca de uma visão mais ampliada para a arquitetura, em contrapartida à simplificação do termo explorada pela mídia, e atrelada essencialmente à questão dos impactos ambientais relacionados à energia e aos materiais.

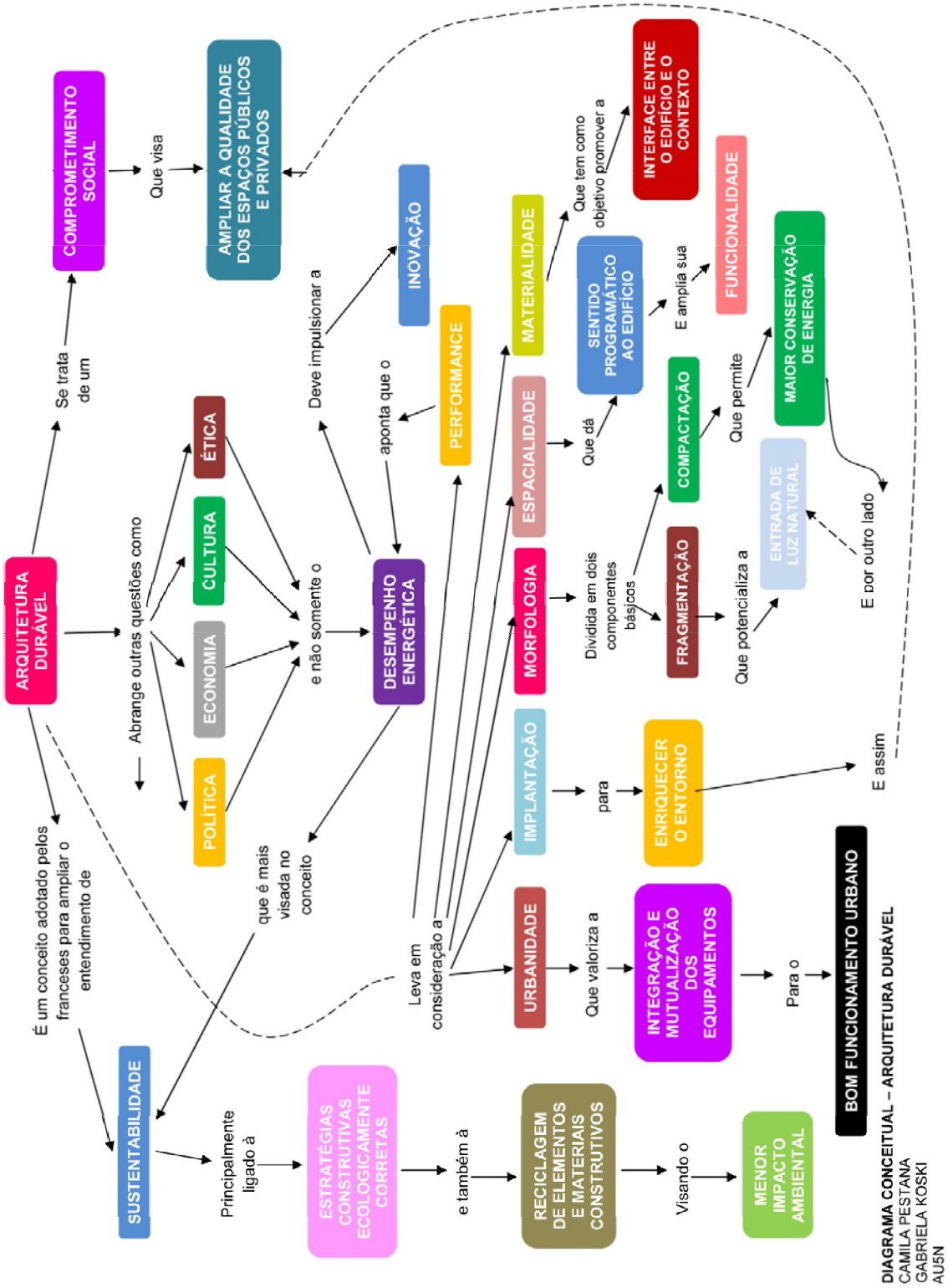


Figura 28 – Mapa conceitual sobre "arquitetura sustentável/durável" elaborada por Camila e Gabriela, alunas do Ateliê III (Fonte: autora).

5.6.1.2. Explorando referências projetuais.

O segundo exercício do módulo "Contextualização" destinou-se à pesquisa de **referências projetuais,** cujo programa aproximava-se daquele investigado no Ateliê III – o edifício híbrido. A análise das referências objetivou estimular uma compreensão da "síntese" arquitetônica, através do entendimento, em cada projeto analisado, das questões que permeiam a concepção arquitetônica, investigando as soluções encontradas por cada arquiteto para os problemas arquitetônicos que lhe foram confiados.

Na análise das referências, os alunos foram orientados a investigar em cada projeto escolhido[27] a relação estabelecida entre o edifício, o contexto, o uso e o usuário, através da problemática da concepção arquitetônica - implantação, morfologia, materialidade, espacialidade e sistemas - num exercício de exploração do edifício em suas diversas qualidades. Assim, os alunos analisam as respostas de cada autor às situações específicas da concepção arquitetônica, a partir dos questionamentos elaborados na Tabela 3.

Tabela 3 – Questões investigadas na análise das referências

IMPLANTAÇÃO	Como o edifício está implantado no terreno? Quais as relações estabelecidas com o entorno? Como se configuram os acessos (pedestres, veículos, principais, secundários)? Quais as funções estabelecidas no pavimento térreo? Quais são os atratores? E as barreiras? Quais percursos são estabelecidos em função da implantação do edifício?
MORFOLOGIA	Como se desenvolve a forma? Forma compacta? Forma fragmentada? Qual a relação estabelecida entre a forma e os aspectos relacionados ao conforto termico e lumínico? Qual a relação estabelecida entre a forma e o contexto urbano existente?
MATERIALIDADE	Como se configura o sistema de SUPORTE da edificação e sua relação com a organização das partições internas? Como se configura o sistema da ENVOLTÓRIA da edificação: materiais e componentes, estratégias para eficiência energética e conforto térmico e lumínico?
ESPACIALIDADE	Quais são e como se organizam as atividades funcionais do edifício? Quais são as estratégias de conforto ambiental relacionadas às atividades funcionais? Quais os percursos estabelecidos em função de sua espacialidade interna? Quais os territórios do edifício?
SISTEMAS	Quais os sistemas de mecanismos utilizados na edificação? Onde se posicionam em relação ao edifício? Há utilização de estratégias passivas ou ativas?

[27] Os projetos analisados pelos alunos foram selecionados também a partir da publicação do grupo de pesquisa da revista espanhola A+T, intitulada "*This is Hybrid. An analysis of mixed-use buildings by a+t*" (PER, MOZAS e ARPA, 2011).

Os estudos elaborados foram apresentados pelos alunos através de seminário oral e o material produzido foi disponibilizado no compartilhador de arquivos da disciplina construído no Google Docs, onde todos puderam acessar os trabalhos.

5.6.1.3. Reconhecendo o Contexto Urbano-Ambiental

O terceiro exercício do módulo "Contextualização" destinou-se ao reconhecimento e à caracterização do cenário urbano-ambiental no qual o edifício seria inserido.

O terreno escolhido para a implantação do "edifício híbrido" foi previamente selecionado pelos professores. Sua escolha foi elaborada com o objetivo de possibilitar, através de uma situação existente, a catalisação das investigações e discussões desejadas pela disciplina. Assim, durante a escolha do terreno, procurava-se pelas seguintes características:

- Terreno potencialmente lucrativo com alto valor especulativo, cuja demanda pelas atividades "híbridas" fosse latente, conferindo assim uma adequação econômica da proposta.
- Terreno inserido em contexto urbano cuja ocupação ditada pelo mercado imobiliário, estivesse de alguma maneira prejudicando as relações urbanas, sociais ou ambientais do local.

A partir dessas duas situações, objetivava-se estimular os alunos a pensar criticamente sobre a arquitetura comercial própria do mercado imobiliário e possibilitar, ainda, um questionamento sobre como aliar os objetivos do mercado às qualidades projetuais investigadas na disciplina.

Como resposta a essas características, escolheu-se um terreno situado no bairro Enseada do Suá, na cidade de Vitória – ES, conforme localizado na Figura 29. Para contextualizar as propostas desenvolvidas pelos alunos, que serão posteriormente apresentadas nas investigações desse trabalho, faz-se necessário, neste momento, uma breve caracterização do contexto urbano explorado na disciplina durante a realização dessa experimentação.

O bairro Enseada do Suá é relativamente novo. Sua ocupação iniciou-se na década de 1970, fruto de um projeto de reurbanização do bairro Praia do Suá, que incluía um grande aterro em toda a extensão da sua orla. Sua criação teve como objetivo descentralizar a ocupação do

centro de Vitória, nitidamente “afogado” e impedido de crescer devido à sua topografia (enclausurado entre o mar e a encosta).

Figura 29 - Localização do terreno escolhido (Fonte: Google Earth)

A ocupação imobiliária inicial caracterizou-se pela construção de um pequeno número de empreendimentos destinados basicamente ao uso corporativo e institucional, abrigando também sedes de órgãos públicos originalmente localizados no centro da cidade. Por esse motivo chegou a ser denominado popularmente de “novo centro”. A ocupação urbana naquele momento ainda era escassa, e o crescimento do bairro ao longo dos anos, ocorreu de forma lenta, com lançamentos esporádicos de empreendimentos basicamente corporativos, o que determinou um uso estritamente monofuncional e basicamente diurno.

No ano de 2006, após uma extensiva revisão, o Plano Diretor Urbano de Vitória alterou os índices urbanísticos de diversos bairros da cidade, reduzindo os índices permitidos para a ocupação em bairros saturados e ampliando a possibilidade de ocupação em bairros que, apesar de contar com excelente infraestrutura urbana, possuíam uma densidade construída relativamente baixa. A essas zonas, nomeou “Zona de Ocupação Preferencial”, incluindo várias regiões da cidade, entre elas o bairro Enseada do Suá. A partir desses novos índices a atenção do mercado imobiliário volta-se novamente para o bairro, e entre os anos de 2006 e 2011 diversos novos empreendimentos imobiliários foram lançados e construídos.

Porém, duas questões centrais determinadas no novo PDU praticamente definem a configuração espacial dos novos empreendimentos. Com a intenção de promover uma ocupação mista e não unicamente monofuncional, como a que se caracterizava até então, o novo PDU determina a ampliação do coeficiente de aproveitamento em 0.5 para empreendimentos que promovam uma ocupação mista, porém, restringindo essa ampliação do coeficiente de aproveitamento para o pavimento térreo através da implantação de atividades comerciais. Também na intenção de permitir uma maior fluidez do espaço urbano, com um maior espaçamento entre edifícios, o PDM restringiu a Taxa de Ocupação a partir do terceiro pavimento para 30% e liberou o limite de altura dos empreendimentos. Em contrapartida permite uma ocupação de 100% do terreno nos dois primeiros pavimentos.

O resultado da aplicação desses índices aos novos empreendimentos culmina na proliferação de empreendimentos do tipo "caixa de bolo", com uma ocupação integral do pavimento térreo, em grande parte destinada às vagas de estacionamentos exigidas pelo PDU, e com uma pequena área destinada à inserção de algumas lojas. A falta do planejamento dos espaços comerciais, concebidos sem qualquer relação com o contexto circundante e promovidos apenas como recurso para garantir o acréscimo de 0.5 no Coeficiente de Aproveitamento, fez com que a "vida comercial" do bairro não deslanchasse. A maioria das "novas lojas" encontra-se atualmente fechadas. Assim, a ocupação "mista" do bairro não ocorreu conforme o esperado pela prefeitura de Vitória.

A quase totalidade desses novos empreendimentos destina-se a apartamentos que variam de 2 a 4 quartos e contam com um extenso "clube privativo". O resultado desta ocupação foi a caracterização de um bairro, cujas relações sociais se resumem àquelas que acontecem dentro de cada complexo habitacional. Amplia-se devastadoramente o tráfego de veículos e continua-se com uma dinâmica social centrada no interior dos empreendimentos. A rua ainda permanece como um lugar de passagem, cujo uso se restringe ao trânsito de veículos. O bairro não conta com áreas urbanas destinadas ao convívio social, tais como parques, praças e entretenimentos, à exceção de um shopping que, devido à sua própria configuração programática, é "fechado em si mesmo" e localizado em um ponto afastado do bairro, junto à orla.

Durante a semana, o bairro apresenta um grande fluxo de pessoas, porém um fluxo de passagem, e se desloca a partir da orla - local onde se situam os principais acessos ao

transporte público - até os edifícios comerciais localizados no interior do bairro. Há também um grande fluxo de pessoas na hora do almoço, que se deslocam dos edifícios comerciais até um pequeno complexo de restaurantes. O pequeno comércio do local funciona apenas durante os dias de trabalho da semana, incluindo os restaurantes, ficando os moradores impossibilitados de qualquer vida urbana e social nos fins de semana. Esses recorrem, então, ao uso do automóvel para se deslocar para os bairros vizinhos, cuja atividade comercial e de entretenimento é ativa também nesse período.

É a partir dessa contextualização do bairro que os alunos foram incumbidos de investigar um aspecto específico do local. Sendo assim, as análises se distribuem em quatro aspectos específicos: contexto social, contexto econômico, contexto ambiental e contexto urbano-legal. Os alunos foram orientados a coletar características previamente selecionadas para cada aspecto, conforme indica a Tabela 4.

Tabela 4 – Características investigadas pelos alunos na análise do contexto

CONTEXTO SOCIAL

- Caracterização dos usuários: perfil das pessoas que frequentam ou habitam o bairro.
- Percursos e fluxos desenvolvidos pelas pessoas no entorno próximo
- Barreiras estabelecidas: elementos que se configuram como barreiras para o estabelecimento de relações sociais.
- Elementos atratores: Elementos que atraem e agregam públicos específicos.

CONTEXTO ECONÔMICO

- Caracterização das atividades econômicas estabelecidas nos edifícios do entorno próximo, com identificação das principais atividades existentes
- Territórios estabelecidos (exemplo: alimentação, diversão e entretenimento, financeiro, compras, etc).
- Valor da terra: m² residencial, comercial (sala), comercial (loja)

CONTEXTO AMBIENTAL

- Caracterização do clima: temperatura, umidade, ventos dominantes
- Trajetória solar: identificação dos horários de insolação e sombreamentos no terreno
- Relevo Natural e Construído
- Identificação de visuais
- Identificação de fontes de odores
- Identificação de fontes de ruído

CONTEXTO URBANO-LEGAL

- Transporte público (linhas, percursos e pontos)
- Transporte alternativo
- Estacionamentos públicos existentes
- Cone visual do convento (IPHAN)
- Caracterização das vias
- Análise de tráfego: sentidos de tráfego, horários de pico, congestionamentos, nós.
- Infraestrutura urbana (iluminação pública, água, esgoto)
- Índices urbanísticos, zoneamento, atividades permitidas, código de obras

- Áreas verdes (praças e parques)

Após a coleta de dados realizada por cada grupo de trabalho é promovido um debate coletivo em sala de aula, no qual a caracterização do contexto realizada pelos grupos é apresentada para o restante da turma e o material coletado é compartilhado no *Google DOCS*. A partir de então, procedeu-se à construção coletiva de dois instrumentos desenvolvidos a partir dos dados coletados: um mapa físico tridimensional e um modelo tridimensional digital.

O **mapa físico tridimensional** consistiu na construção coletiva de uma maquete física do entorno, na qual cada grupo deveria inserir, através de **símbolos visuais,** suas respectivas caracterizações contextuais. Buscava-se, dessa forma, elaborar um instrumento físico que continha uma **síntese visual das análises efetuadas** e que poderia **ser utilizado por todos** no desenvolvimento de seus projetos, seja nas orientações professor-aluno, seja nas investigações conceptivas dos próprios alunos.

Figura 30 - Confecção do mapa físico tridimensional – Turma 2011/02 (Fonte: autora).

Concomitante à elaboração do mapa físico tridimensional do entorno foi elaborado também um modelo digital deste mesmo entorno, que seria utilizada em investigações tridimensionais do projeto e em simulações diversas. O modelo digital foi elaborado no software *Revit Architecture,* da Autodesk e no software *Sketchup*.

Figura 31 – Mapa físico tridimensional desenvolvido pelos alunos – Turma 2011/02 (Fonte: autora).

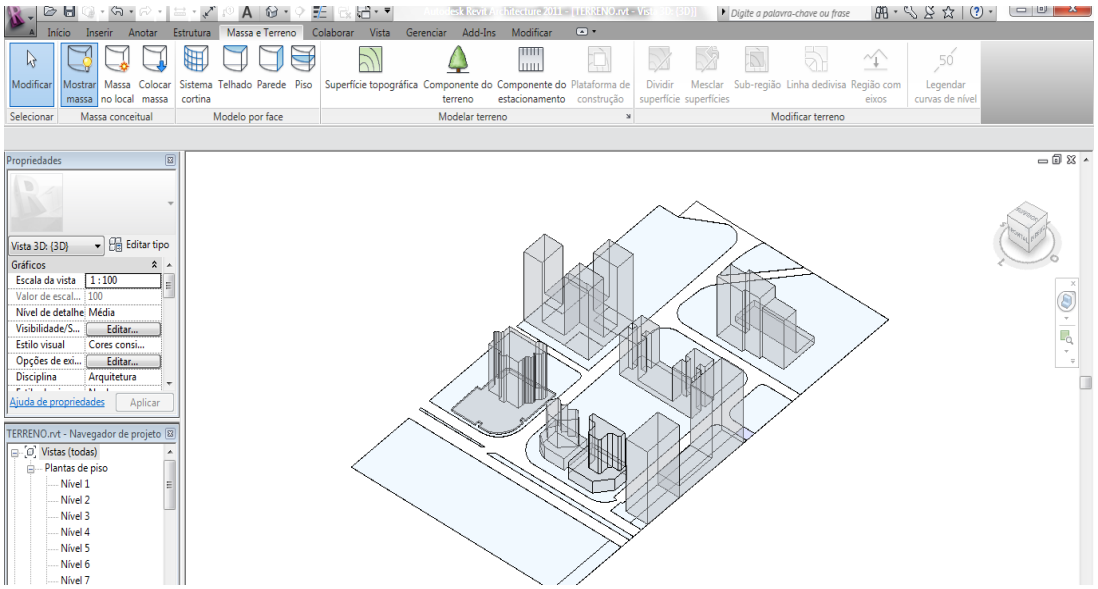


Figura 32 – Modelo digital do entorno construído no *Revit Architecture* (Fonte: autora).

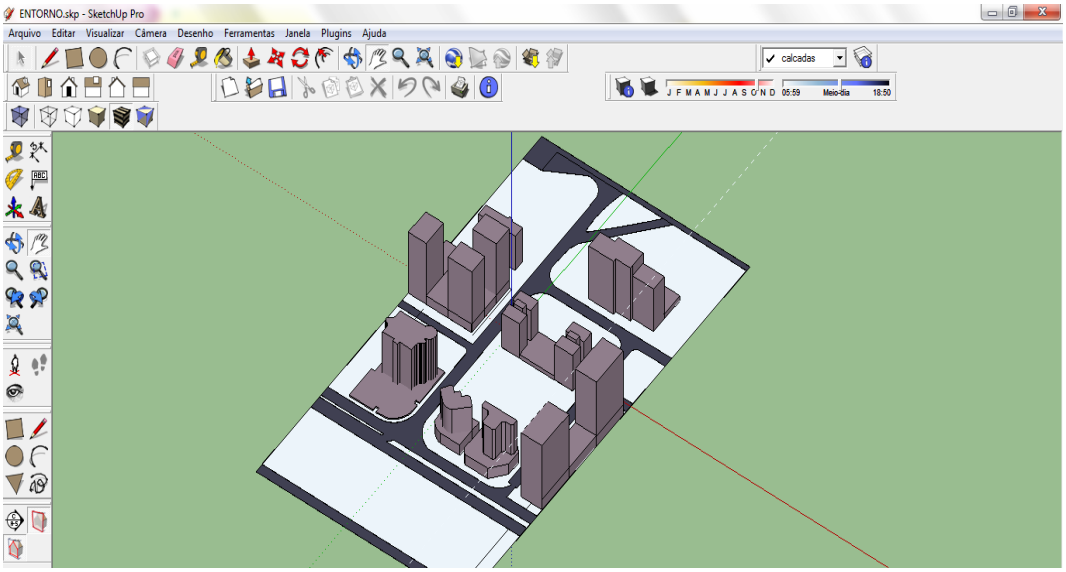


Figura 33 – Modelo digital do entorno construído no *Sketchup* (Fonte: autora).

Após a elaboração dos dois instrumentos coletivos procedeu-se ao segundo módulo do plano de ensino denominado "proposição". Este módulo será relatado a seguir.

5.2.2. PROPOSIÇÃO

Um dos grandes problemas pedagógicos, enfrentados no Ateliê, na elaboração da análise investigativa de um contexto, está exatamente estabelecido na maneira como os alunos utilizam as informações coletadas em sua concepção projetual.

Algumas pesquisas têm apontado para essa preocupação, como pode ser percebido no trabalho publicado por Feghali e Lassance (2006), que oferece um método interessante para a conexão entre a análise e a concepção do espaço, através da formulação de "conceitos" que oferecem uma "ponte" para a realização de ambas as tarefas.

No âmbito da disciplina investigada, o módulo "PROPOSIÇÃO" preocupou-se também com essa questão e objetivou permitir aos alunos a realização de uma análise crítica sobre as informações coletadas, de modo que a própria análise pudesse sugerir "diretrizes" iniciais para a concepção do edifício, fortemente relacionadas com o contexto. Para essa tarefa foi aplicado o método proposto por Checkland (2000) denominado "*Soft Systems Methodology*", já apresentado no Capítulo 2 desta tese, adaptando-o para o contexto da disciplina. O *Soft Systems Methodology* trata-se de um método para a estruturação do conhecimento através da experiência, na busca de ações a serem realizadas em complexas situações sociais objetivando-se melhorar este contexto (CHECKLAND, 2000).

Uma vez que o objetivo do módulo "proposição" centrava-se exatamente nessa tarefa – buscar ações a serem realizadas em complexas situações - vislumbrou-se a possibilidade de utilizar esse método na disciplina. Buscava-se uma maior definição por parte dos alunos de ações de projeto a serem realizadas durante a concepção projetual, a favor de uma correta adaptação do edifício ao contexto investigado. Tais ações deveriam estar baseadas em suas percepções sobre o contexto investigado, de acordo com suas próprias visões de mundo. Desejava-se assim que as ações investigadas nesse módulo funcionassem como diretrizes catalisadoras das propostas, principalmente nas decisões relacionadas à implantação, à morfologia e à espacialidade do edifício, de forma que as propostas pudessem estar apoiadas em uma fundamentação pautada na adequação do edifício ao contexto pré-existente.

Para atender esse objetivo, o módulo "PROPOSIÇÃO" desenvolve-se conforme o fluxograma representado na Figura 34.

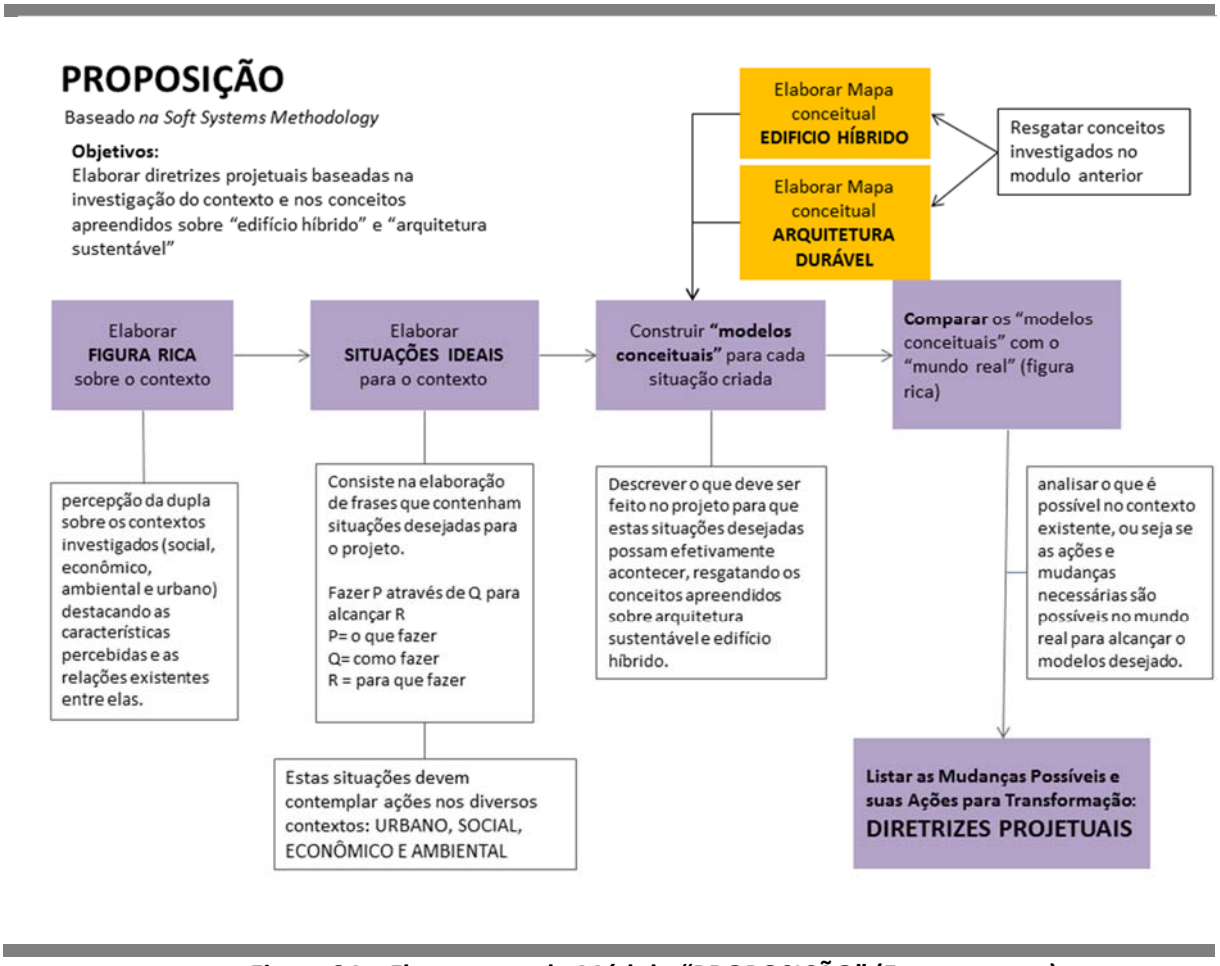


Figura 34 – Fluxograma do Módulo "PROPOSIÇÃO" (Fonte: autora).

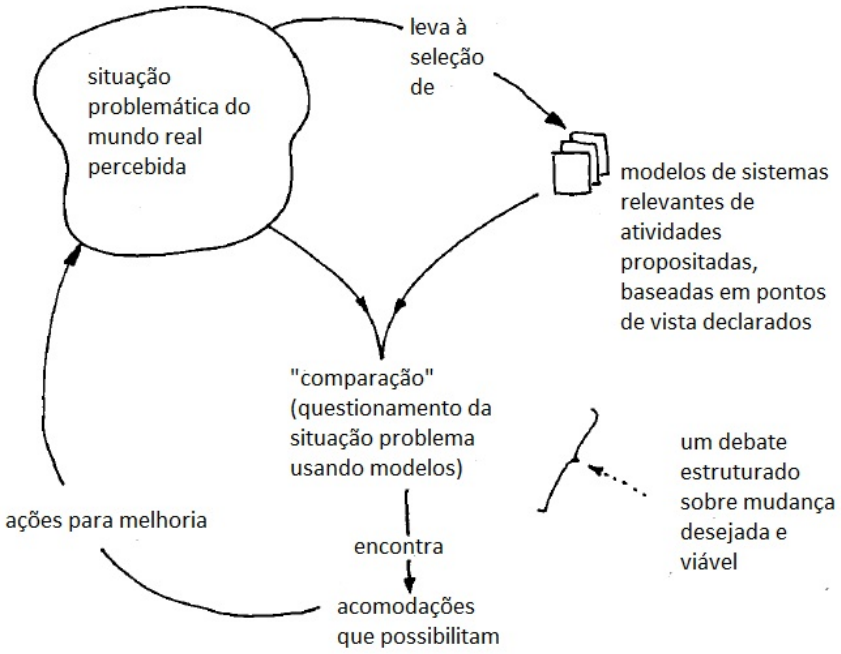


Figura 35 – O ciclo da SSM (Fonte: traduzido de CHECKLAND, 2000).

O método desenvolvido por Checkland, representado na Figura 35, descreve-se em quatro etapas. A primeira etapa refere-se à "descoberta" da "situação problema", cujo produto final é apresentado através do que denomina "figura rica". Tal instrumento deve descrever a situação problemática existente, apresentando como um grupo de pessoas visualiza determinada situação, expondo informações e perspectivas de fontes variadas, procurando identificar as relações estabelecidas entre elas.

No âmbito do plano de ensino investigado foi proposto aos alunos que, de posse dos materiais disponibilizados sobre o contexto e após assistirem a apresentação dos grupos sobre os aspectos contextuais, elaborassem suas próprias "figuras ricas" (Figura 37). Dessa forma, equipes compostas por três duplas de projeto reuniram-se para discutirem os conteúdos disponibilizados. O produto final do debate apresentado através de suas próprias "figuras ricas" deveria conter uma síntese dos principais elementos observados e relevantes para aquele grupo, e deveria estabelecer relações entre os contextos analisados (social, econômico, ambiental e urbano).

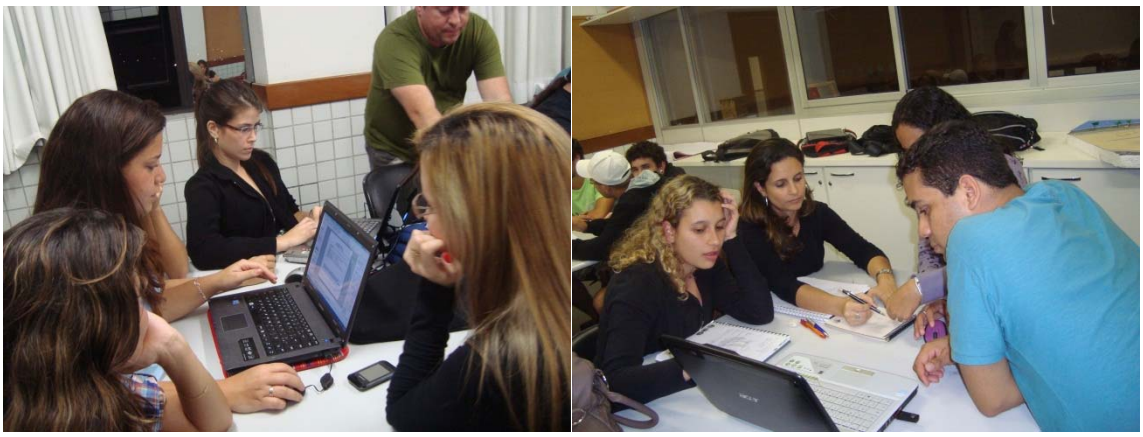


Figura 36 – Seminário interativo para construção da "figura rica" sobre o contexto (Fonte: autora).

A partir da "figura rica" elaborada e resgatando-se conceitos explorados nos mapas conceituais desenvolvidos anteriormente, os alunos foram então conduzidos à elaboração de suas primeiras "diretrizes" de projeto, que orientariam o início da concepção, principalmente nos aspectos relacionados à implantação, à morfologia do edifício e as escolhas programáticas. Para isso, seguiu-se à segunda etapa do método proposto por Checkland, que se referia à formulação do que o autor denomina "modelos de atividades propositais". Segundo o autor, esses modelos devem ser utilizados para estimular, alimentar e estruturar um debate e podem ser auxiliados pela lógica do P, Q, R - Fazer P, através de Q para contribuir para o encalce de R - respondendo às seguintes questões: o que fazer (P), como fazer (Q) e porque fazer (R). No contexto da disciplina, denomina-se esta etapa de "situações ideias", ou seja, situações que, do ponto de vista dos alunos, seriam ideais para o contexto, nas quais deveriam ser levadas em consideração questões de ordem ambiental, social ou econômica, que pudessem contribuir para a qualidade do contexto.

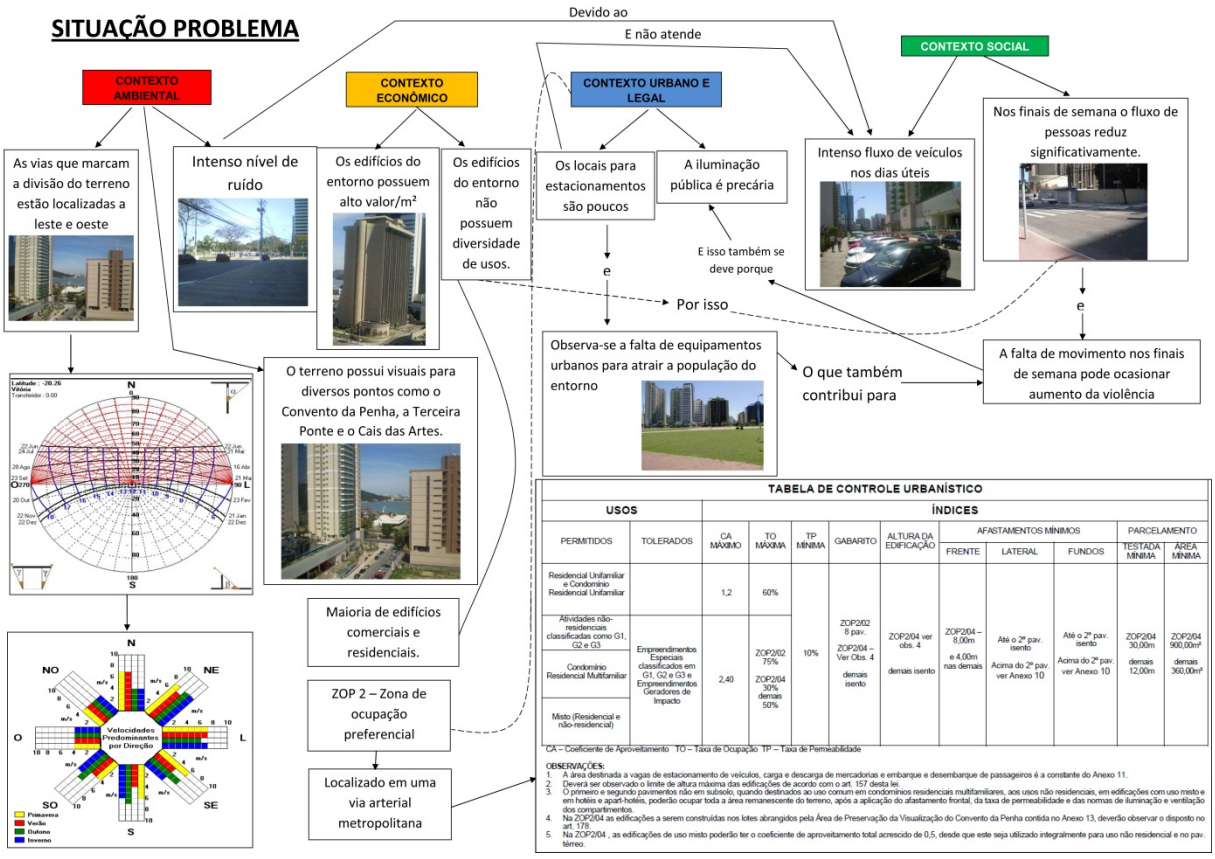


Figura 37 – "Figura rica" elaborada por grupo de alunos durante o módulo "proposição" (Fonte: autora).

A partir dessas "situações ideais", seguiu-se à terceira etapa do método, que consistiu no debate e comparação dessas situações com o "mundo real", à procura de ações desejáveis e viáveis que poderão melhorar a situação existente. No contexto da disciplina, denominamos esta etapa de "ações de projeto", ou seja, ações e escolhas relacionadas à concepção projetual que deveriam ser elaboradas para alcançar as "situações ideais" desejadas, analisando no "mundo real" se essas ações seriam possíveis e viáveis (Tabela 5).

A partir de então iniciou-se o módulo "ORGANIZAÇÃO E PARTIDO", que pretendia proceder à elaboração do partido a partir das investigações já realizadas até então.

Tabela 5 - Situações ideais e ações projetuais propostas por grupo de alunos a partir da investigação do contexto.

SITUAÇÕES IDEAIS	AÇÕES NECESSÁRIAS
"Aumentar o convívio entre os moradores do local criando áreas verdes e de lazer para melhor qualidade de vida"	Fazer projeto paisagístico Implantar áreas de lazer Inserir equipamentos urbanos Valorizar áreas verdes Gerar áreas sombreadas Incentivar uso pela população
"Criar melhor convívio e fluxo de pessoas, através da criação de variados comércios, gerando vigilância natural no entorno".	Inserir comércios Gerar atrativos Criar áreas diversificadas Atender todos os públicos
"Melhorar a sensação das pessoas no local através de arborização causando melhor conforto térmico e acústico"	Projetar paisagismo Criar sensações através dos espaços Promover conforto térmico e acústico.
"Obter menos ruído urbano através da diminuição do fluxo de veículos gerando melhor qualidade de vida"	Analisar contexto de fluxos no local Inserir faixa exclusiva Incentivar uso de vias adjacentes Melhorar circulação de veículos.
"Aproveitar a boa iluminação e ventilação natural do local através do uso de grandes vãos tornando o local mais confortável"	Implantar grandes vãos na edificação Projetar espaços ao ar livre Incentivar o uso de vãos livres
"Privilegiar as vistas do Convento, Baia de Vitória e Terceira Ponte através do volume do edifício e posição dos vãos para valorizar o imóvel e gerar ambientes mais agradáveis"	Implantar espaços abertos na edificação Criar formas e vãos na edificação de forma a valorizar vistas
"Criar uma rede de usos comuns, através da implementação de redes comerciais diversificadas tornando o local atrativo"	Gerar áreas de convívio anexas às redes de uso comum Implantar áreas de lazer Implantar redes comerciais diversificadas Gerar redes que se retroalimentam
"Projetar o acesso de veículos ao edifício propondo a entrada pela rua Abiail do Amaral Carneiro de forma a não prejudicar o fluxo de veículos do local"	Promover entrada de veículos pela rua Abiail Projetar saída de veículos pela via principal Promover vagas de estacionamento rápido

5.2.3. ORGANIZAÇÃO e PARTIDO

O modulo seguinte denominado "ORGANIZAÇÃO E PARTIDO" objetiva a definição da proposta preliminar do projeto. As diretrizes inicialmente exploradas pelos alunos no módulo "PROPOSIÇÃO" deveriam ser, neste momento, transformadas em ações efetivas de projeto.

Nesse momento, a noção de "desempenho" do edifício foi apresentada aos alunos através de aulas expositivas, buscando-se estabelecer as relações de interdependência entre os elementos que caracterizam a problemática da composição do edifício e a adaptação do edifício ao contexto e ao uso. Para esta tarefa debateu-se em sala de aula sobre a construção do diagrama "desempenho". Este diagrama síntese foi desenvolvido baseado na leitura do

texto de Boutté (2008) e apresenta o que o autor denomina de “dispositivos duráveis” (Figura 38).

Figura 38 – Diagrama “DESEMPENHO” apresentado aos alunos em aula expositiva (Fonte: autora).

Sabe-se que a palavra desempenho tem um conceito extremamente abrangente para a concepção arquitetônica. Assim procurou-se trabalhar com os alunos a questão do desempenho do edifício relacionado à sua adequação (ambiental, econômica e social) ao contexto pré-existente e ao programa. Desta forma, o diagrama “desempenho” apresenta de forma sintética como cada elemento da problemática da concepção arquitetônica (implantação, morfologia, espacialidade, materialidade e sistemas) relaciona-se com o desempenho do edifício como um todo.

Nessa conceituação apresentou-se a implantação do edifício como uma importante definição relacionada tanto ao estabelecimento de possíveis conexões urbanas bem como à promoção da vitalidade urbana. Ressaltou-se ainda a relação que deve ser considerada entre a implantação e a adequação climático-ambiental do edifício.

Da mesma forma foi apresentado o processo de investigação morfológica. Ressaltou-se a importância de se refletir, durante a exploração formal, não apenas sobre os aspectos estéticos e imagéticos, mas também sobre a contribuição da forma para a qualidade ambiental do edifício que engloba aspectos relacionados ao conforto ambiental (térmico, lumínico e acústico), ao acesso à iluminação natural, ao acesso às visuais e à privacidade.

Ressaltou-se ainda que definições relacionadas à implantação e à morfologia se refletem na qualidade dos espaços internos e externos. Os alunos foram incentivados a refletir sobre o fato de que toda **forma** arquitetônica se insere em um **contexto** e cria **espaços e ambiências** nos quais ocorrem diversos tipos de **eventos** (humanos, físicos ou mecânicos). Há que se pensar, portanto, na dinâmica existente entre forma, espaço, contexto e eventos. A discussão acerca do desempenho procurou incentivar uma justificativa formal e espacial das propostas baseadas nas investigações anteriormente realizadas, relativas tanto ao contexto pré-existente, quanto ao programa em questão, levando em consideração as demandas, potencialidades e adversidades relacionadas aos aspectos ambientais, econômicos e sociais. Esse desempenho desejado estava, portanto, relacionado, à adaptação do edifício ao contexto, e aos eventos nele pretendidos, de forma que o edifício pudesse atuar como uma interface entre ambos (contexto e eventos). Resgatou-se nesse momento o conceito de "artefato como interface", proposto por Simon (1996), através do qual o edifício é compreendido como interface entre sua organização interna e sua adaptação a um contexto.

Por fim discutiu-se sobre como a materialidade do edifício poderia colaborar para essa adequação ambiental, reforçando-se o papel da envoltória para a garantia dessa adequação, bem como a correta escolha do sistema construtivo que deve estar ainda intimamente relacionado à realidade tecnológica do local. Os sistemas mecânicos, por sua vez, responsáveis por alimentar e manter o edifício deveriam ser investigados sob a ótica da eficiência, prezando-se, porém pelo conforto do usuário.

Baseados nessa discussão sobre desempenho, durante as investigações realizadas para a definição das propostas preliminares do edifício, os alunos foram incentivados a explorar as possibilidades relacionadas ao conjunto **implantação/morfologia/espacialidade.** Buscou-se compreender as **relações de interdependência** entre **edifício, contexto, uso e usuários** que contribuíssem não apenas para a qualidade espaço-ambiental do próprio edifício, mas para a qualidade do contexto urbano no qual ele se insere. O edifício, assim compreendido, deveria

então ser concebido não como um objeto isolado, mas como um **sistema que participa ativamente de um contexto no qual se desenvolvem variadas relações.**

Baseado nessa discussão algumas estratégias conjuntas foram definidas e deveriam ser exploradas nas propostas a serem desenvolvidas. Estavam relacionadas tanto ao contexto programático do edifício, que lhe conferia o caráter de "híbrido", quanto ao seu desempenho – investigado através do diagrama "desempenho". Tais estratégias resumiam-se nos seguintes itens:

- Promover a vitalidade do contexto urbano através da densidade do edifício e da diversidade de usos e usuários;
- Contribuir para a qualidade urbana do contexto, reduzindo as restrições impostas pelo mesmo e valorizando potencialidades observadas (econômicas, ambientais e sociais);
- Promover a conexão entre edifício e espaço urbano, entendendo o edifício como parte do contexto urbano e possível catalisador das relações urbanas em contraposição à visão do edifício como objeto isolado, prática recorrente do próprio mercado;
- Promover a adaptação climático-ambiental do edifício;
- Promover a adequação econômica do edifício;
- Contribuir para a apropriação do edifício pelo usuário;
- Promover a adequação dos espaços às atividades pretendidas;
- Promover espaços "duráveis", investigando formas de ocupação, usos e atividades relacionadas ao contexto e flexíveis para mudanças ao longo do tempo;
- Promover o conforto ambiental (térmico, lumínico e energético);

A partir da construção elaborada sobre a palavra "desempenho" e objetivando-se a tarefa de projetar-baseado-no-desempenho procedeu-se o desenvolvimento do módulo "ORGANIZAÇÃO E PARTIDO" segundo o fluxograma representado na Figura 39.

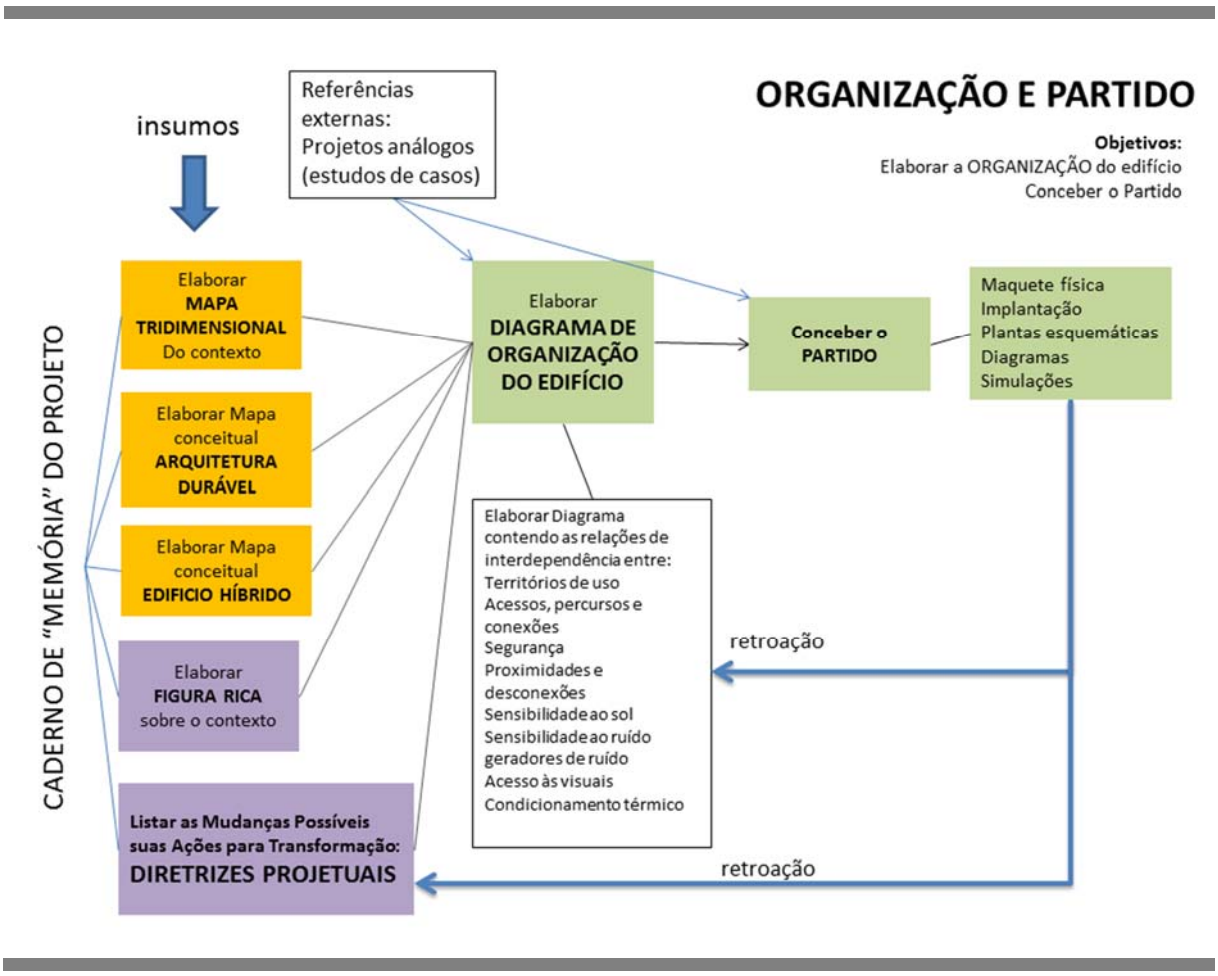


Figura 39 – Fluxograma do módulo "ORGANIZAÇÃO E PARTIDO" (Fonte: autora).

O primeiro exercício do módulo destinou-se à definição preliminar da organização espacial e territorial do edifício. Diante da complexidade do programa incentivou-se a construção de um **diagrama de organização** (Figura 40) através do qual seria possível realizar uma primeira reflexão sobre a organização espacial dos territórios do edifício antes de se começar a esboçar estudos referentes à forma e à implantação. Incentivava-se, porém, que essa organização, deveria ser pensada também como aquela que responderia às questões investigadas na análise do contexto, sintetizadas nas proposições elaboradas no módulo anterior, baseadas nas situações idealizadas pelas equipes. A definição dos territórios do edifício foi elaborada pelos próprios alunos, tendo como base a investigação do contexto e as demandas e potencialidades econômicas e urbanas do local.

Para a construção do diagrama, solicitou-se ainda que os alunos relacionassem a organização territorial do edifício com alguns "requisitos de desempenho", determinados pelos professores. Dessa forma, os alunos deveriam investigar as primeiras relações de interdependência existentes entre os diversos usos e suas necessidades. Os "requisitos de

desempenho" inicialmente abordados referiam-se à segurança, ao acesso às visuais e ao conforto ambiental e foram desmembrados nos seguintes itens:

- Gerenciamento dos acessos (pedestres e veículos)
- Gerenciamento das conexões (horizontais e verticais)
- Distinções entre territórios públicos e privados
- Proximidades e desconexões desejadas e indesejadas entre territórios.
- Visuais privilegiadas
- Condicionamento térmico (natural e artificial)
- Sensibilidade ao ruído
- Geradores de ruído
- Sensibilidade quanto à insolação

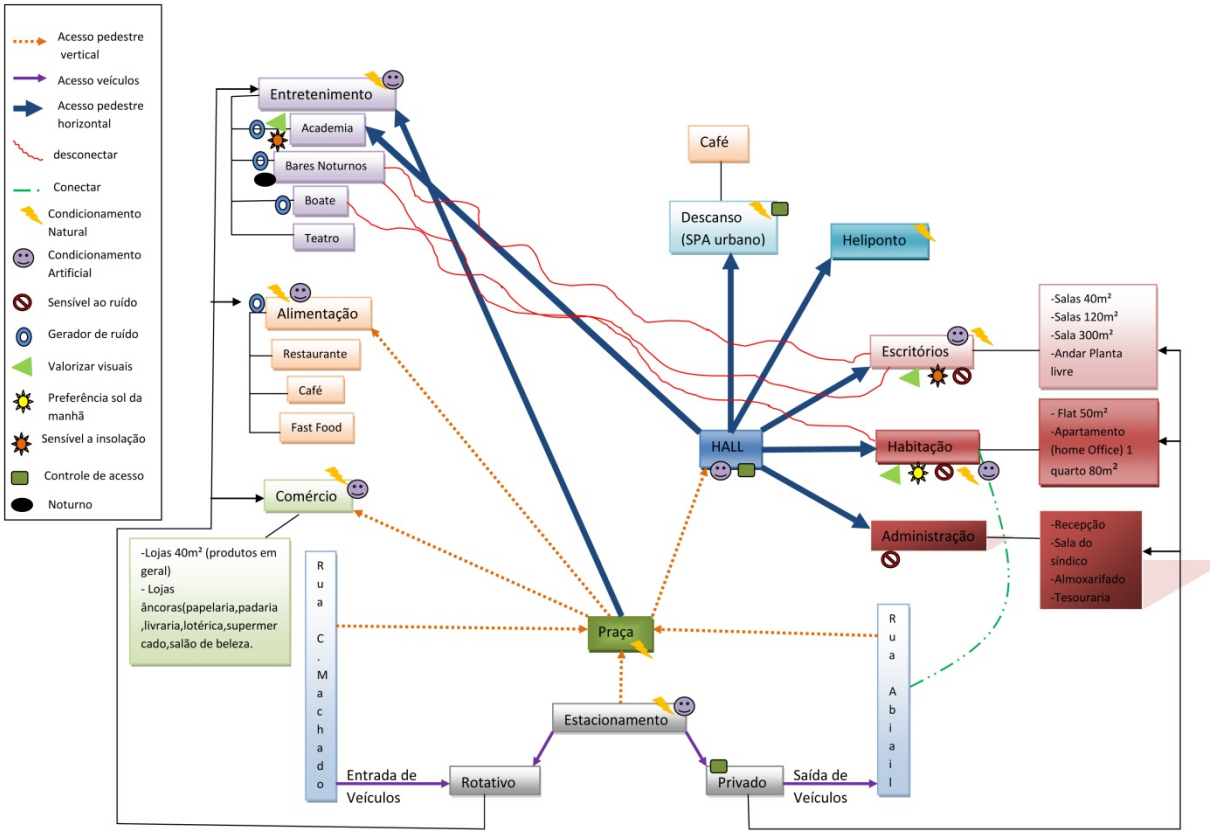


Figura 40 – Diagrama "organização" elaborado pelas alunas Carol e Yasmim (Fonte: a autora).

Durante o desenvolvimento do partido, os alunos ainda **não** estavam cientes de todos os requerimentos que deverão ser levados em consideração para o perfeito funcionamento de um edifício vertical multifuncional. A partir do reconhecimento de que alunos de quinto período ainda não conseguem gerenciar um grande número de informações, principalmente

devido à sua inexperiência, procurou-se supri-los nesse momento apenas com as informações indispensáveis a uma definição preliminar do edifício. Informações técnicas mais específicas principalmente relacionadas com os sistemas de circulação e mecânicos do edifício - cálculos e dimensionamento de elevadores, posicionamento e dimensionamento de saídas de emergência, de áreas técnicas, entre outros - seriam abordadas após a definição do partido, quando os alunos estariam trabalhando em problemas específicos do edifício. Assim as definições da espacialidade interna, elaboradas nesse momento, foram esquemáticas e apresentavam apenas uma setorização funcional (Figura 41). Definições pormenorizadas seriam realizadas nos módulos seguintes, a partir da entrada de novas informações, e poderiam gerar ajustes e transformações no partido inicialmente proposto.

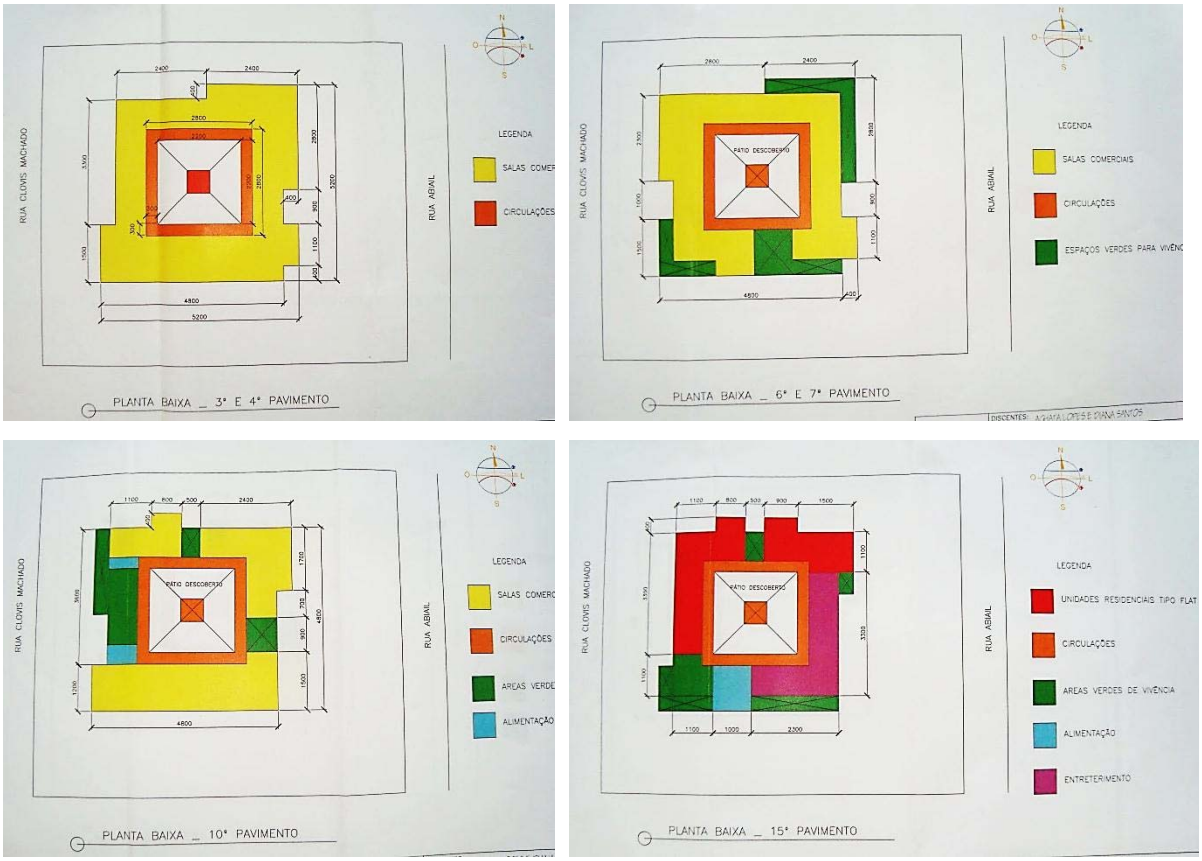


Figura 41 – Plantas baixas esquemáticas elaboradas pelas alunas Aghata e Diana (Fonte: autora).

Essa decisão apoiou-se no argumento de Simon de que não se pode relacionar uma substancial "memória de longo prazo" a um único processo (SIMON, 1984). Segundo o autor, se isso for exigido, é possível que grande parte do conteúdo dessa memória seja irrelevante em um determinado momento.

A opção pela inserção gradativa de informações apoia-se também no argumento de Schon (2000) sobre o processo de aprendizagem reflexivo. Segundo Schon, "o que quer que o

instrutor escolha dizer, é importante que ele o diga, na maior parte do tempo, no contexto do **fazer,** da estudante [...] enquanto ela se encontra no meio de uma tarefa" (SCHON, 2000, p.87). Entende-se que assim seja possível ao aluno uma maior reflexão sobre as consequências de cada nova informação em suas ações de projeto. Desejava-se possibilitar um aprendizado contínuo ao longo do desenvolvimento do projeto, cujo conhecimento seria possibilitado também pelo próprio processo de projeto, de forma que os alunos pudessem refletir sobre o impacto de uma nova informação na problemática da concepção arquitetônica.

Os produtos produzidos pelos alunos eram constituídos nesse momento por plantas esquemáticas, croquis, diagramas, fotografias e simulações que colaboravam para a fundamentação da proposta e sua justificativa. As ferramentas utilizadas eram diversas: maquete física, desenhos manuais, maquetes virtuais.

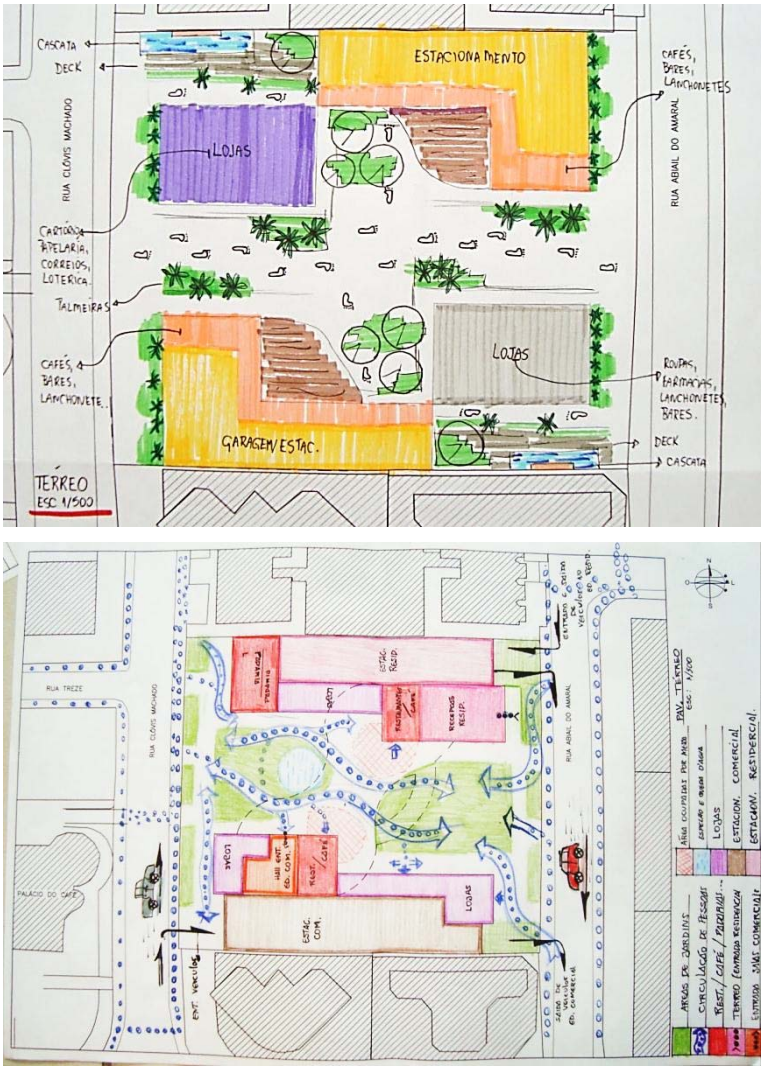


Figura 42 – Implantações esquemáticas produzidas por alunos durante o módulo "ORGANIZAÇÃO E PERTIDO" (Fonte: autora).

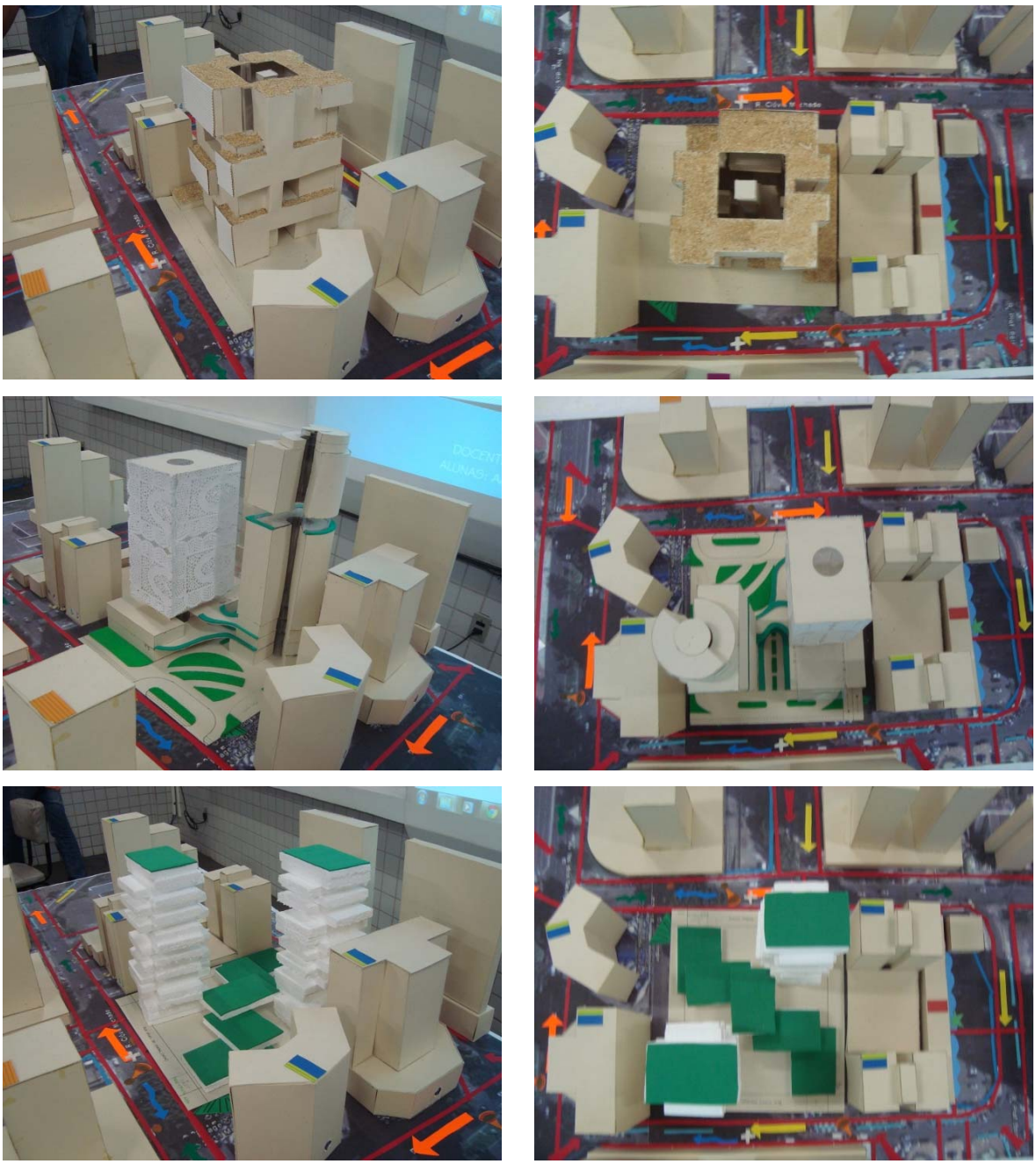


Figura 43 – Maquetes físicas produzida por alunos durante o módulo "ORGANIZAÇÃO E PARTIDO" (Fonte: autora).

Na proposta preliminar os alunos deveriam explorar todo o potencial construtivo do terreno permitido pelo plano Diretor Urbano, colaborando para a viabilidade econômica da proposta.

Na definição e na organização dos territórios deveriam ser investigadas relações de acesso, conexão, desconexão, privacidade e complementaridade, não apenas no próprio edifício, mas no cenário urbano existente. Os territórios poderiam conter atividades corporativas, comerciais, habitacionais, administrativas e de lazer, de acordo com as demandas e potencialidades do contexto. A organização das atividades no interior do complexo deveria ser investigada individualmente pelas duplas de projeto, a partir da reflexão sobre a

adequação das mesmas ao contexto em questão, e ao relacionamento estabelecido entre elas. A atividade “híbrida” do edifício deveria, portanto, se “sustentar” economicamente e poderia se retroalimentar a partir de usos inter-relacionados. Poderiam ser previstos elementos “atratores”, ou seja, atividades que atraem um público de maior porte e são capazes de dinamizar o local em determinados horários. Na organização espacial dos territórios dever-se-ia atentar para as delimitações entre espaços públicos e privados, além dos espaços destinados a usos específicos, ressaltando a necessidade de acessos distintos. Desta forma, a proposta deveria apresentar uma demarcação inicial relacionada ao posicionamento das circulações verticais, bem como os acessos de veículos e pedestres.

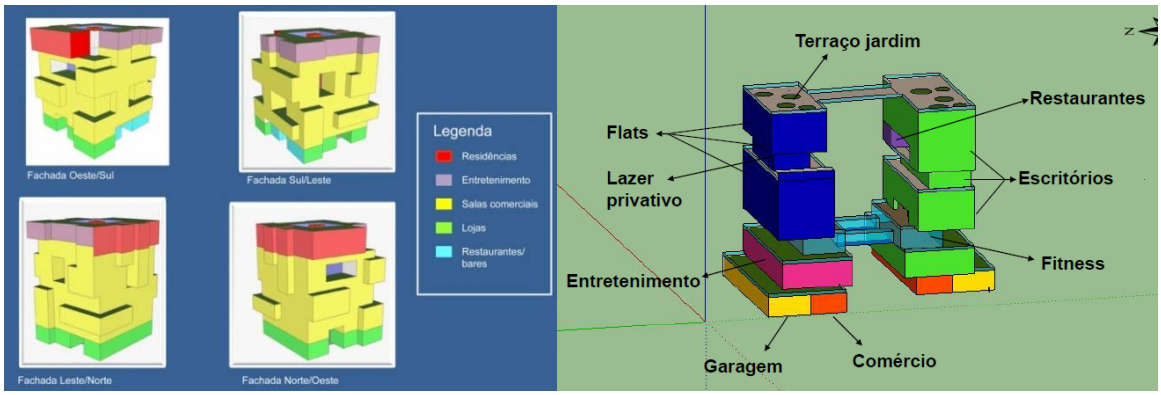


Figura 44 – Diagramas de organização dos “territórios” elaborados por alunos. (Fonte: autora).

O posicionamento dos acessos deveria considerar o contexto urbano existente e as atividades promovidas no edifício. Os alunos deveriam identificar os diferentes tipos de acessos necessários: guarda de veículo, desembarque de passageiros, acessos administrativos, carga e descarga e demais acessos relacionados ao edifício. Dever-se-ia atentar para os percursos estabelecidos em função da implantação, da morfologia concebida e dos territórios criados, investigando as alterações dos percursos no ambiente urbano em função do posicionamento do edifício. A proposta deveria apresentar ainda uma demarcação inicial relacionada ao posicionamento das circulações verticais, bem como os acessos de veículos e pedestres.

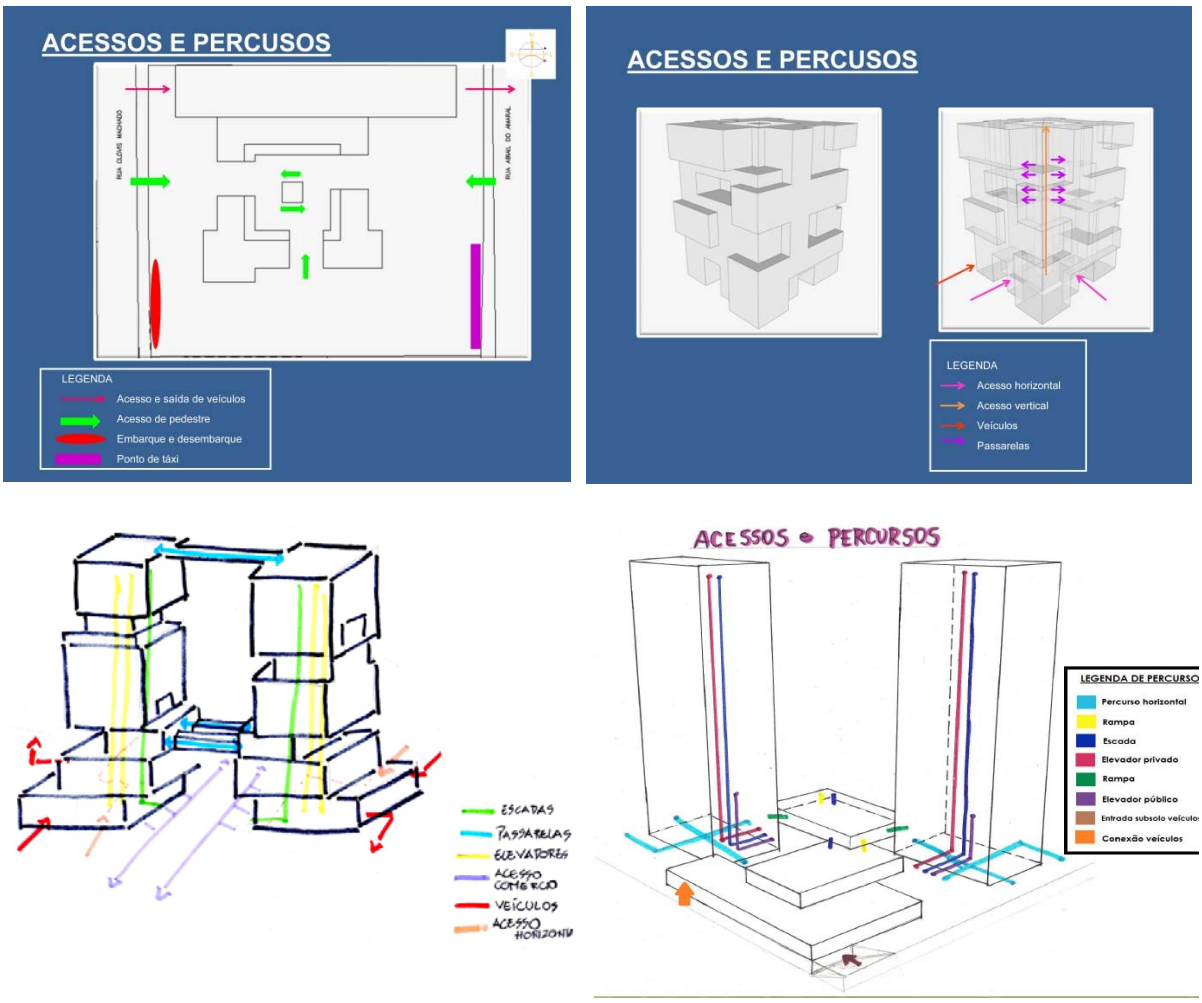


Figura 45 – Diagramas "acessos e percursos" elaborados por alunos (Fonte: autora).

Nas investigações formais e espaciais dever-se-ia refletir sobre o desempenho ambiental do edifício, procurando analisar a capacidade da implantação, da forma e da organização espacial em contribuir para a melhor adaptação climática do edifício (sol, vento, luz, ruído, odores), considerando também as edificações vizinhas.

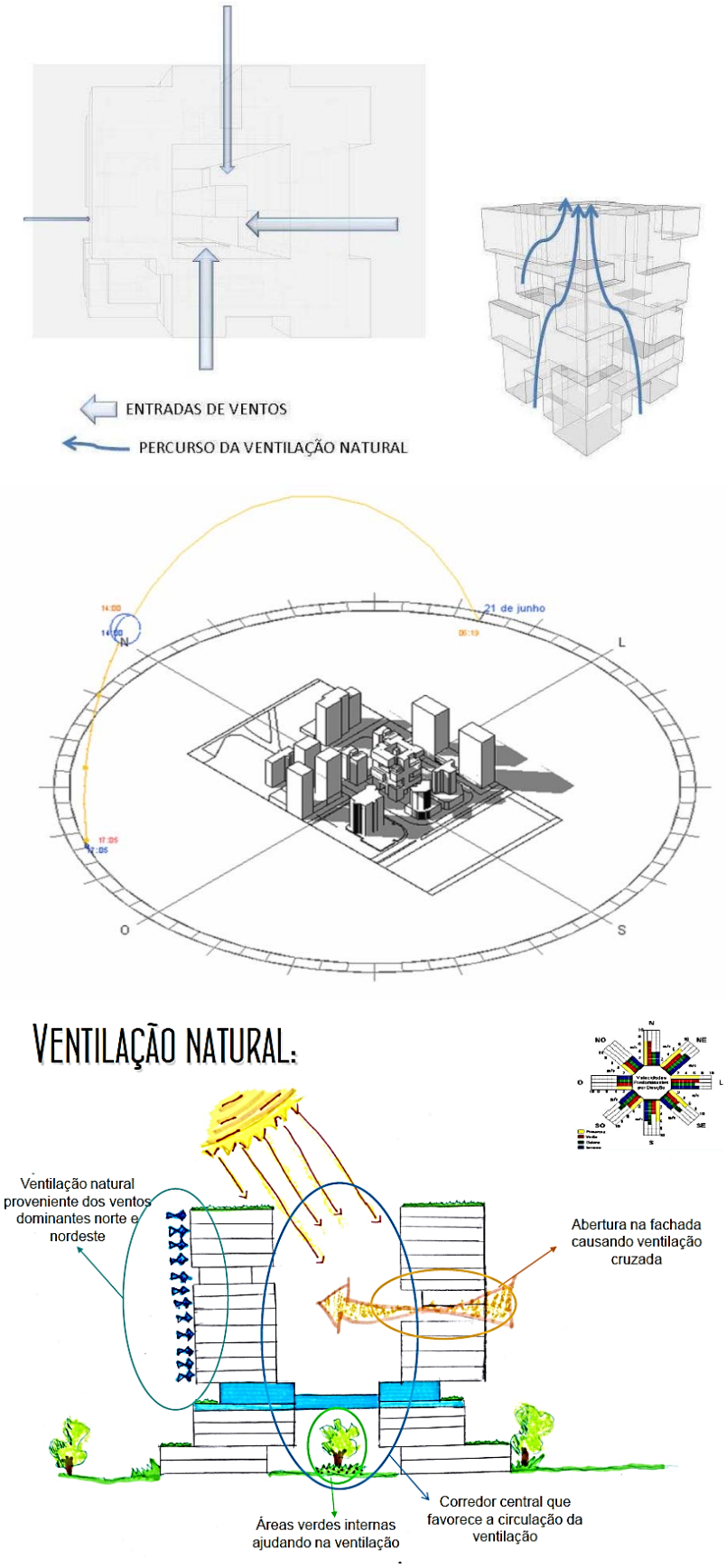


Figura 46 - Diagramas esquemáticos elaborados pelos alunos sobre a adequação climático-ambiental das propostas (conforto térmico, insolação, ventilação) (Fonte: autora).

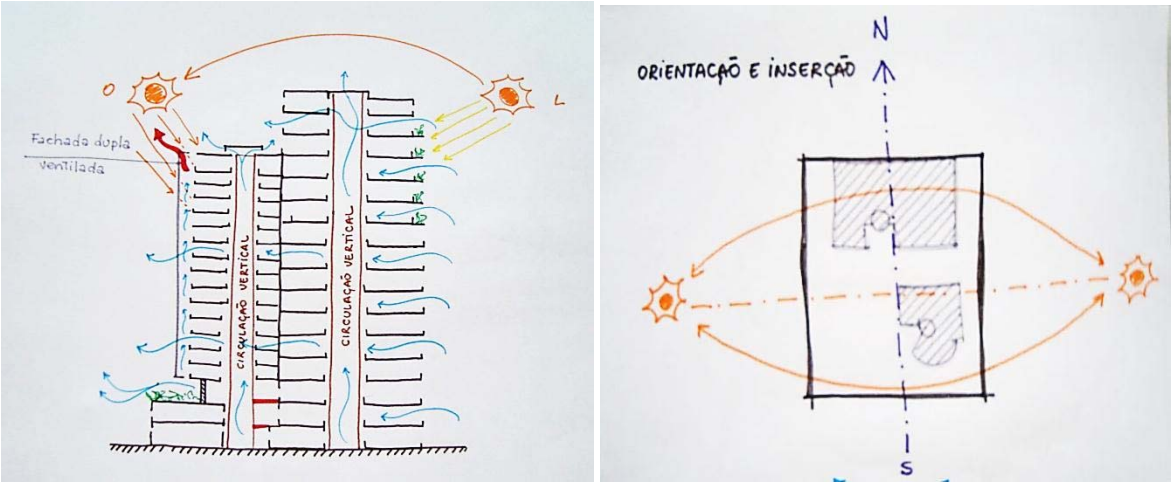


Figura 47 – Diagramas esquemáticos elaborados por alunos sobre a adequação climático-ambiental das propostas (Fonte: autora).

Ao final do módulo, as propostas desenvolvidas pelas duplas de projeto foram compartilhadas com toda turma através de seminário com apresentação oral e de publicação através de "blog" na internet. Deveriam conter: a) o memorial justificativo do partido elaborado; b) o modelo tridimensional e modelo virtual; c) as plantas baixas esquemáticas evidenciando a setorização dos territórios, os acessos, os percursos e as conexões; d) os diagramas conceituais e explicativos relacionados à evolução da definição do partido, disposição dos territórios no edifício, as distinções entre espaços públicos e privados, as soluções relacionadas ao acesso, às circulações e à segurança (pedestres e veículos), a relação entre o edifício e as visuais, a relação entre áreas construídas e espaços livres, os percursos e as conexões, a ventilação e insolação.

5.2.4. DECOMPOSIÇÃO HIERÁRQUICA

Após a definição do partido, o módulo seguinte objetivou estabelecer o que se denominou de "decomposição hierárquica" do edifício. Tratou-se de uma decomposição do edifício em suas partes componentes, estabelecendo relações de dependência entre elas. Desejou-se assim que subproblemas do projeto pudessem ser resolvidos com maior nível de autonomia, possibilitando um maior detalhamento da concepção, porém mantendo-se uma compreensão integradora que reconhecesse as interdependências entre as partes e o todo.

A decomposição hierárquica proposta fundamentou-se no entendimento que Simon (1997) realiza sobre a concepção de sistemas complexos. Para o autor a complexidade assume a forma de hierarquia e uma descrição hierárquica de um artefato permite o trabalho individualmente em uma parte sem a perda do relacionamento com o todo. Esta

decomposição hierárquica em componentes interdependentes pode atuar, portanto, como uma técnica eficiente para a concepção de estruturas complexas, como os edifícios. Para Simon, um sistema complexo, uma vez hierarquizado através de inter-relações de dependências, pode ter suas partes componentes desenvolvidas com algum grau de independência da concepção dos outros componentes.

Esse módulo procurou, portanto, explorar o que Simon denomina ciclo "gerador-teste" (SIMON, 1996). Para o autor o trabalho nos subproblemas envolve a geração de alternativas possíveis e o teste dessas alternativas contra requerimentos e restrições. "Os geradores implicitamente definem a decomposição do problema de projeto e os testes garantem que consequências indiretas importantes serão identificadas e ponderadas" (SIMON, 1996, pg. 129, tradução nossa).

A decomposição hierárquica, portanto, procurou estabelecer redes de relações definidas a partir da "situação-problema" do projeto, que inclui o contexto programático e o contexto urbano-natural. Cada subproblema do projeto deveria investigar relações entre elementos físicos do espaço, eventos desejados e o desempenho esperado.

Na decomposição hierárquica procurou-se trabalhar constantemente com a ferramenta da "retroação". Durante o desenvolvimento das propostas, alternativas são produzidas, considerando-se uma rede de restrições e requisitos de desempenho. Um subproblema, uma vez resolvido, é analisado frente ao todo (o partido) e nesse processo ambos sofrem mutações. Desejava-se assim um processo de concepção que caminhasse rumo ao alcance de determinados objetivos e metas que seriam construídos não somente no início, mas também ao longo do processo.

É importante ressaltar que no decorrer da disciplina os alunos foram estimulados a pensar que o partido definido no modulo anterior é uma "ideia forte" (MAHFUZ, 1995) que conduz o projeto, mas não é imutável. Pelo contrário, pode e deve sofrer modificações, na medida em que as relações entre suas partes sejam exploradas. Assim, o partido deveria ser constantemente revisto e adaptado em função das necessidades e restrições que eventualmente surgissem na exploração de suas partes. Esse retorno ao partido, a partir do reconhecimento das exigências de suas partes, explora o conceito de causalidade recursiva e retroalimentação no processo de concepção do edifício.

A utilização da decomposição hierárquica na projetação aproxima-se da hipótese defendida por Mahfuz (1995) relacionada à abordagem das partes e do todo na concepção arquitetônica. Para Mahfuz, a relação entre as partes e o todo é de fundamental importância no processo de projeto, é a "essência" do próprio processo. O autor afirma que "na composição arquitetônica o sentido de **progressão** dá-se das partes para o todo e não do todo para as partes" (MAHFUZ, 1995, p. 16, grifo nosso). Mahfuz argumenta contra o mito da "criação integral" no qual não existe esforço na concepção das partes, somente inspiração do "gênio criador". Neste sentido, entende-se que Mahfuz quer argumentar contra a ideia de que existe uma concepção totalizadora na qual as partes surgem automaticamente a partir da definição do todo, sem que haja processos de retroalimentação entre a definição das partes e a definição do todo na concepção arquitetônica. Para o autor, uma vez formada a "imagem conceitual" do projeto, ou seja, "o princípio básico em torno do qual o todo é organizado" (MAHFUZ, 1996, p. 23.) o arquiteto pode lidar com as complexidades do problema arquitetônico, "decompondo sua estrutura em um número de partes componentes para que possam ser abordadas separadamente" (MAHFUZ, 1995, p. 24).

Como já apontado no Capítulo 2, a hierarquia é também um dos conceitos centrais da Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 2010). Cada sistema é um subsistema em relação a outro de nível hierárquico superior e possui duas tendências: uma integrativa, que lhe permite funcionar como parte de um sistema superior, através de relações de interdependência e integração; e outra afirmativa, que lhe permite funcionar como um todo, a fim de preservar sua individualidade e autonomia. (VASCONCELLOS, 2002).

Desta forma o módulo "DECOMPOSIÇÃO HIERÁRQUICA" propôs a evolução da concepção do edifício através da decomposição do partido incialmente definido em estruturas hierárquicas, objetivando-se uma definição pormenorizada do edifício, a partir da entrada de novas informações que realimentariam o processo do projeto. A Figura 48 apresenta o fluxograma desse módulo.

Nessa etapa de trabalho iniciou-se um exercício de aprofundamento da resolução espacial interna do edifício, a partir dos requerimentos necessários a um edifício vertical. Para isso, uma primeira decomposição hierárquica foi trabalhada com os alunos a favor de dois objetivos: a) permitir aos alunos o estabelecimento de interdependências entre usos, sistemas

funcionais e requisitos de desempenho; b) permitir aos alunos uma aproximação da concepção arquitetônica com a realidade construtiva.

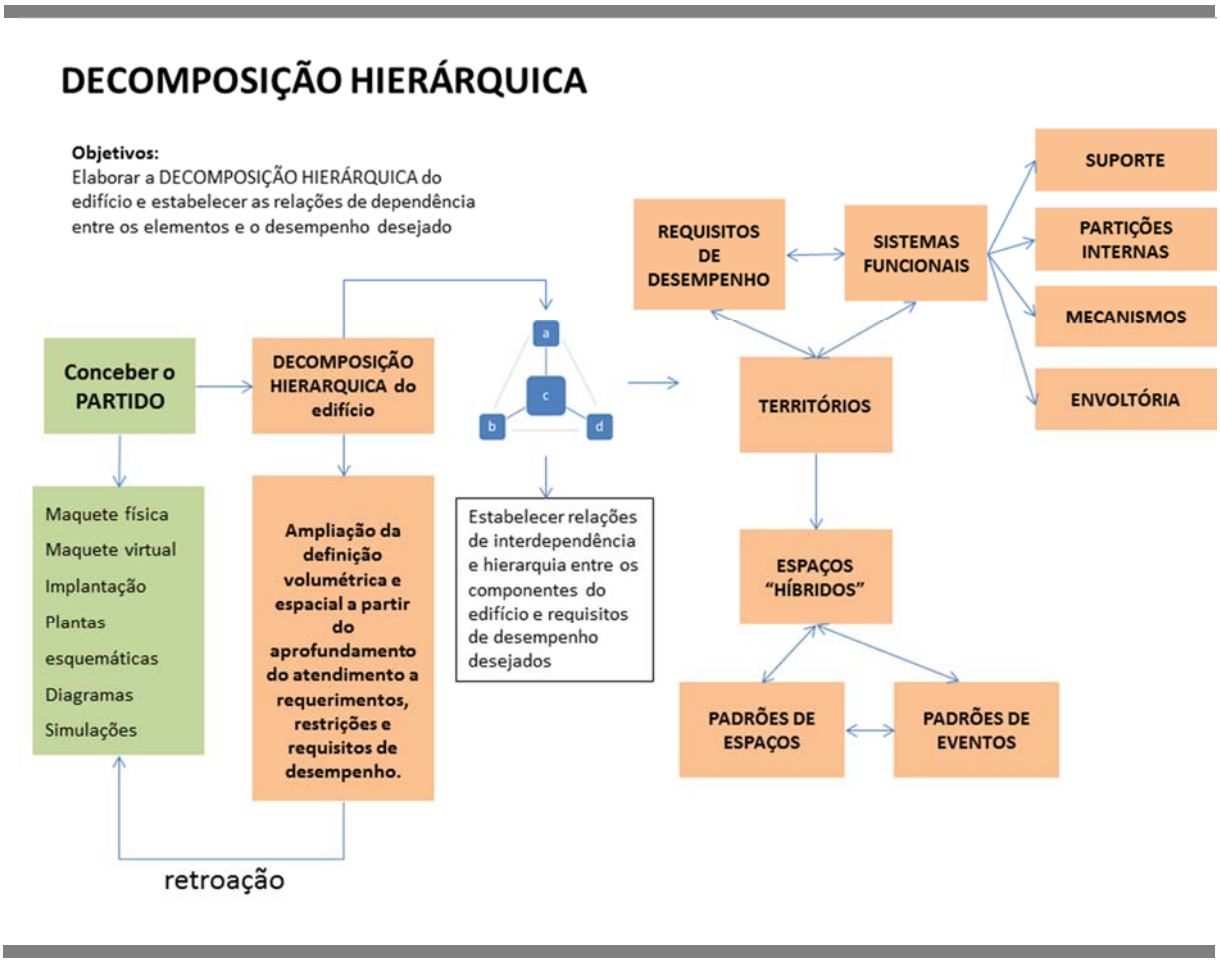


Figura 48 - Fluxograma do módulo "DECOMPOSIÇÃO HIERARQUICA" (Fonte: autora).

Durante a evolução desse módulo foram ministradas várias aulas expositivas sobre os requisitos técnico-funcionais do edifício, incluindo pré-dimensionamento estrutural; cálculo, dimensionamento e posicionamento de elevadores e saídas de emergência; áreas técnicas necessárias; dimensionamento de áreas para guarda e circulação de veículos, entre outros. Os alunos também tiveram acesso a uma pasta no Google DOCS denominada "Sistemas construtivos e mecânicos" onde os docentes disponibilizavam uma série de artigos técnicos atualizados sobre assuntos específicos, relacionados ao funcionamento e à espacialidade de um edifício vertical, conforme Figura 49.

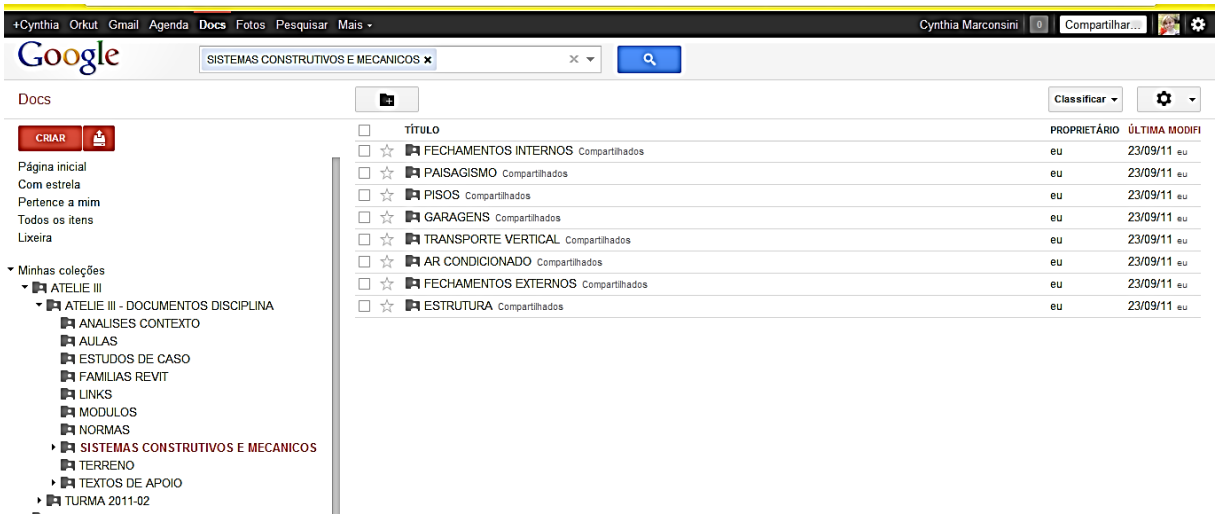


Figura 49 – Gerenciamento de documentos técnicos no Google DOCS, elaborado pelo professor e acessado pelos alunos (Fonte: autora).

O primeiro exercício do módulo referiu-se à construção de um **diagrama** que procurou relacionar três instâncias do edifício: os territórios, os sistemas funcionais e requisitos de desempenho. Para realizar essa tarefa os alunos receberam do professor um "diagrama base", conforme Figura 50, que apresentava barras superiores e laterais, cada uma delas referindo-se a uma instância de relacionamento.

A barra superior era destinada aos "**sistemas funcionais**" e estabelecia uma decomposição da materialidade do edifício seguindo a lógica de funcionamento definido por Oyola (2008), já comentada no Capítulo 4 desta tese. Assim, quatro sistemas funcionais foram estabelecidos: o sistema de suporte, relativo aos elementos que compõem a estrutura do edifício; o sistema de partições, relativo aos elementos que compõe os fechamentos internos; o sistema de envoltória, relativo aos elementos que compõe as fachadas e a cobertura do edifício; e o sistema de mecanismos, relativo aos elementos mecânicos, tais como: elevadores, sistemas de condicionamento, redes de alimentação e abastecimento, entre outros.

Figura 50 – Diagrama base para investigação das interdependências entre usos, sistemas funcionais e requisitos de desempenho (Fonte: autora).

A barra lateral à esquerda era destinada aos "**requisitos de desempenho"** e apresentava uma lista de requisitos que ampliavam aqueles já definidos, para outros que seriam agora levados em consideração em um nível de definição mais ampliado do projeto.

A definição dos **territórios** deveria ser descrita pelos alunos de acordo com suas escolhas elaboradas no partido. Os territórios apresentados no "diagrama base" eram meros exemplos e deveriam ser substituídos pelos territórios de cada projeto.

Por fim, na barra lateral à direita apresentava-se uma coluna definida como "Especificações" onde o aluno poderia já definir algumas especificações de materiais ou soluções, determinadas pela análise do diagrama.

No interior do diagrama havia um espaço em branco denominado de "espaço das relações". Nesse espaço os alunos deveriam procurar por relações de interdependência entre as três instâncias, buscando relacionar territórios a requisitos de desempenho desejados e refletir sobre o impacto da relação território x desempenho nas escolhas relacionadas aos sistemas funcionais do edifício.

Este exercício foi elaborado pelos alunos com orientação dos professores. Esses incentivavam o debate à procura por relações. O resultado dessa investigação elaborada por cada dupla foi então digitalizado e publicado em sua pasta de projetos no Google DOCS (FIGURA 70 a 73).

A partir da análise dessas relações novas diretrizes de projeto foram definidas, baseadas em novos requisitos de desempenho. No diagrama das relações, cada "link" definido para cada território apontava um novo requisito que deveria ser atendido na concepção projetual e que guardava uma relação com as demais partes componentes do edifício. Por exemplo, no diagrama apresentando na Figura 51, Carol e Yasmim procuravam por relações de interdependência para o sistema "suporte". Escolhem como requisito de desempenho a "racionalidade construtiva" e a partir de então procuram estabelecer relações entre o sistema de suporte e os territórios do edifício que colaborem para o atendimento deste requisito. Percebem que na definição do partido o território "escritórios" está acima do território "garagem" e, portanto, haverá necessidade de pensar uma modulação estrutural integrada à uma disposição de vagas de garagem. No diagrama destinado à investigação da "envoltória" a lista de requisitos de desempenho é ampliada e consequentemente ampliam-se a rede de relações nos diversos territórios.

A partir da rede de relações investigadas na leitura do diagrama era possível estabelecer requisitos para cada território e investigar possíveis soluções para atender as necessidades verificadas (Figura 55). A partir dessa investigação tornou-se possível elaborar decisões referentes à materialidade e aos sistemas construtivos do edifício (Tabela 6).

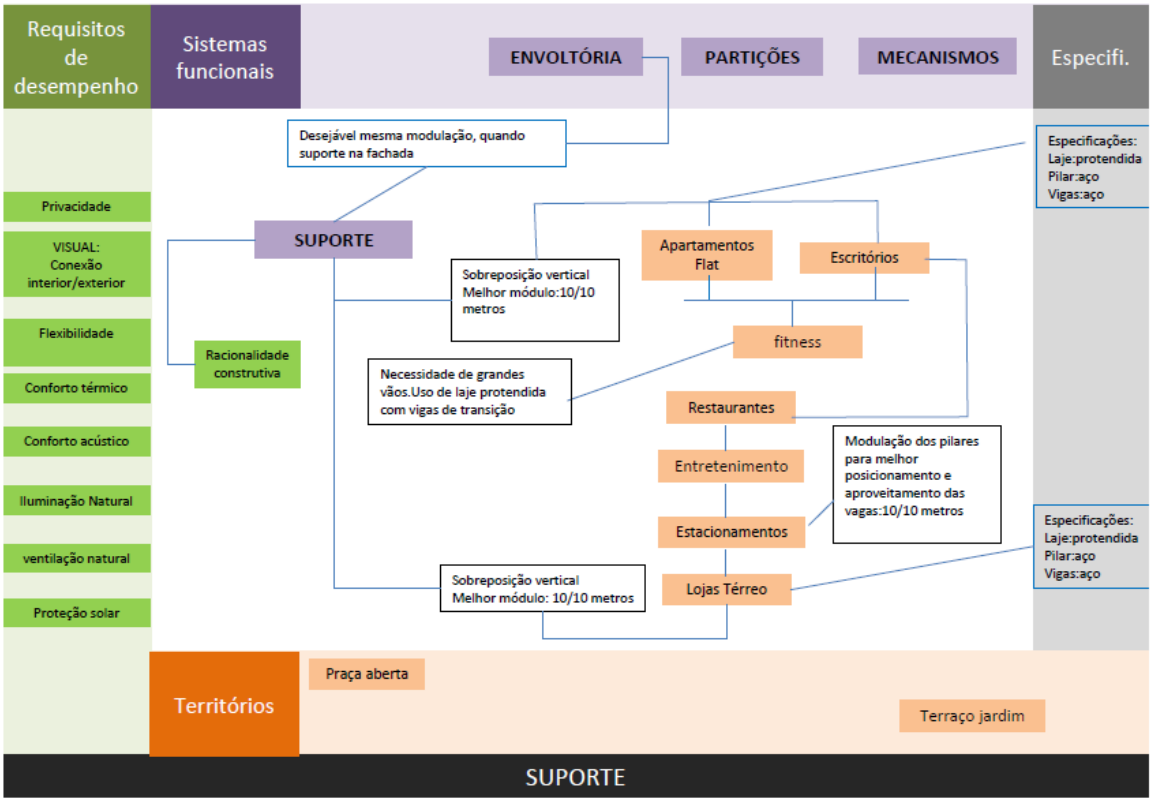


Figura 51 – Diagrama de interdependências elaborado pelas alunas Carol e Yasmim (Fonte: autora).

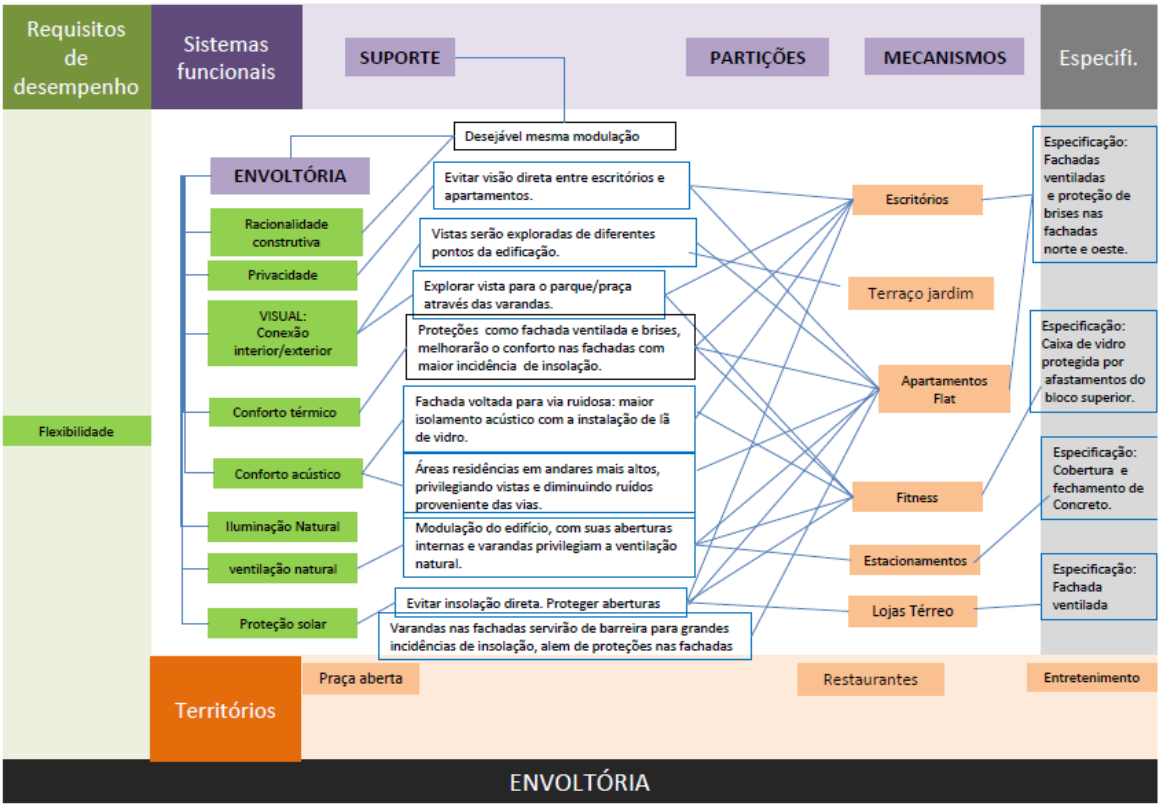


Figura 52 - Diagrama de interdependências elaborado pelas alunas Carol e Yasmim (Fonte: autora).

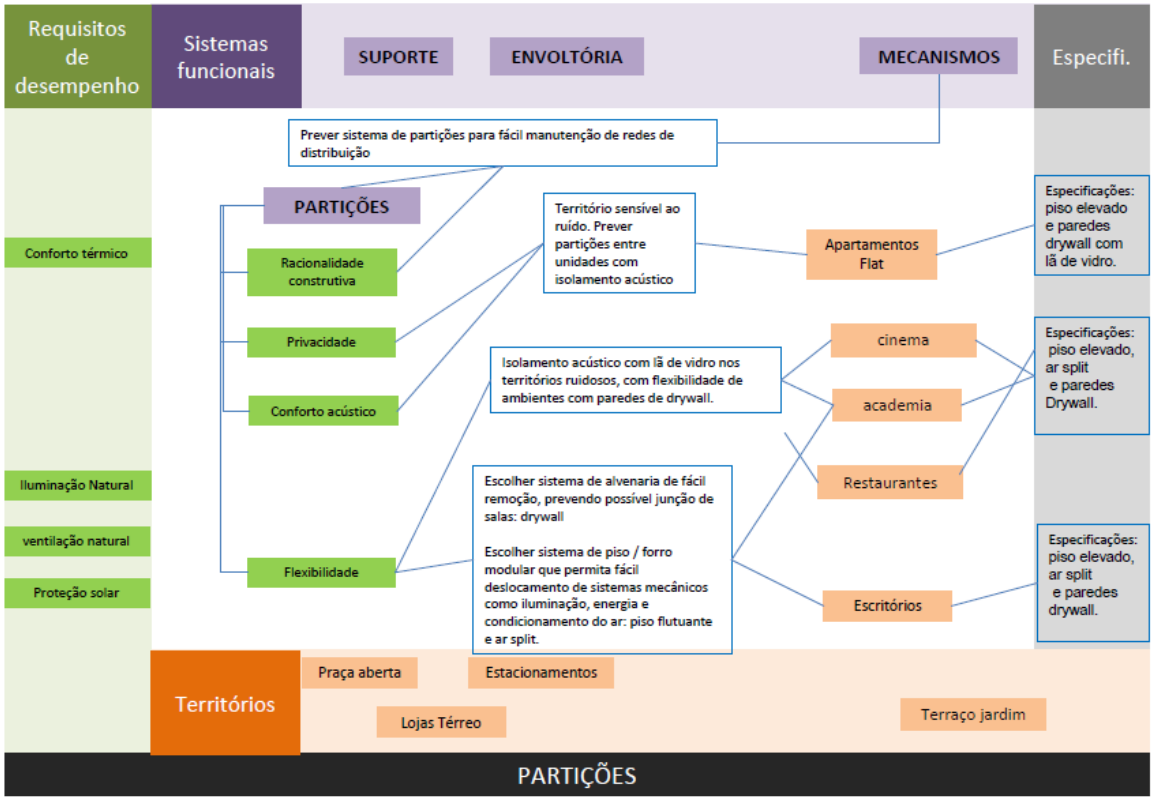


Figura 53 - Diagrama de interdependências elaborado pelas alunas Carol e Yasmim (Fonte: autora).

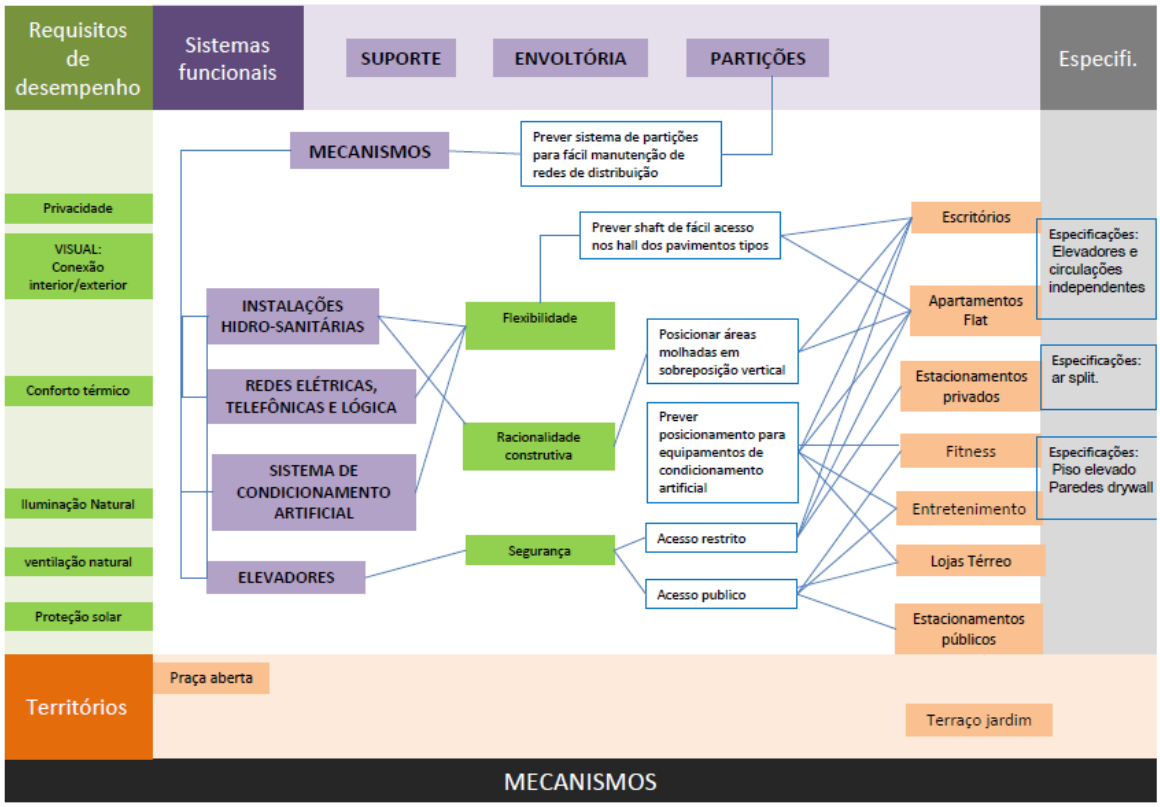


Figura 54 - Diagrama de interdependências elaborado pelas alunas Carol e Yasmim (Fonte: autora).

Requisitos do Territórios ESCRITÓRIO

REQUISITOS	SOLUÇÃO
SUPORTE:	
Sobreposição vertical com lojas e cinema. Rever posicionamento cinema: grandes vãos	Módulos de 7,5m com pé direito duplo.
Racionalidade construtiva	Modulação a partir das garagens assim como nas fachadas,uso de laje protendida com instalações embutidas.
ENVOLTÓRIA	
Evitar visão direta entre escritórios e apartamentos	Separados por blocos distintos,contendo grandes varandas.
Explorar vista parque e praça	Explorar vistas com grandes aberturas, além dos blocos conterem módulos vazados que darão vista para o mar.
Fachada voltada para via ruidosa: maior isolamento acústico	Isolamento com fachada ventilada e paredes com lã de rocha.
Evitar insolação direta: proteger aberturas	As aberturas serão protegidas por fachada ventilada, o que trará mais conforto e varandas evitando insolação direta nos cômodos.
PARTIÇÕES:	
FLEXIBILIDADE: Escolher sistema de alvenaria de fácil remoção, prevendo possível junção de salas. Escolher sistema de piso / forro modular que permita fácil deslocamento de sistemas mecânicos como iluminação, energia e condicionamento do ar.	Paredes de dry-wall proporcionam um sistema fácil, leve e prático na montagem e na mudança no tamanho dos cômodos se necessário. O piso elevado permite a fácil passagem de instalações, assim como o uso de forro acústico. O uso de ar condicionado split permite menos uso de instalações alem de menos barulho e economia de espaço.
CONFORTO ACUSTICO: Territórios sensível ao ruído. Prever maior isolamento entre unidades.	O isolamento vem com lã de rocha instaladas na parede, ar condicionado com parte ruidosa no exterior e fachada ventilada.
MECANISMOS	
INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS: Racionalidade construtiva – sopreposição vertical de instalações	Sobreposição das instalações hidrosanitárias através dos shafts.
INTALAÇÕES ELÉTRICAS, TELEFÔNICA E LÓGICA: Flexibilidade – prever shafts de fácil acesso nos pavimentos	Shafts de fácil acesso e sobrepostos, permitindo uma maior racionalização.
SISTEMA DE CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL Flexibilidade – prever áreas técnicas de fácil acesso nos pavimentos	Áreas para o condicionamento artificial estão previstas no exterior dos blocos sem prejudicar a estética da edificação.
ELEVADORES: Segurança – prever separação entre acesso publico e restrito	Os elevadores estarão separados em áreas sociais e de serviço, alem de diferentes acessos de acordo com o uso e o andar.

Figura 55 - Decisões relacionadas à materialidade do edifício elaboradas por Carol e Yasmim, a partir da leitura do Diagrama de Interdependências (Fonte: autora).

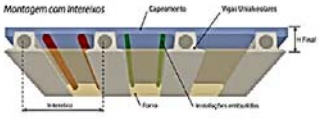
Tabela 6 – Alguns sistemas construtivos e mecânicos definidos por Carol e Yasmim (Fonte: autora).

SUPORTE

Sistema de suporte: estrutura metálica
Pilar: perfil I
Laje: protendida

Justificativa:
A escolha do aço como sistema estrutural deu-se por ser um material maleável, leve, vence grandes vãos e além disso, permite ser um material aparente e bonito. Para o sistema das lajes, a protendida foi a melhor opção.Com uma redução do uso de concreto,aço, escoramento e mão de obra, torna- se vantajoso quanto comparadas aos sistemas convencionais.Esse tipo de laje também proporciona o embutimento de instalações.

Vão entre pilares: 7,5m
Altura da viga : 23cm



Sistema laje: protendida

ENVOLTÓRIA

Fachada Oeste: cega
Fachada Leste: fachada ventilada com janelas com brises
Fachada Norte : vidro + brises horizontais
Fachada Sul: vidro

Brise Tumbrise Hunter Douglas

A fachada norte recebe sombreamento do bloco de flats, mas será utilizado o Brise Tumbrise, que permite uma proteção passiva do sol além de garantir uma maior privacidade. Podendo modelar a edificação e ao mesmo tempo manter a transparência.

A fachada sul não recebe muita ensolação por isso não há necessidade de proteção podendo-se utilizar um pano de vidro.

A fachada oeste por receber muita ensolação será cega. Já a fachada leste recebe sol da manhã, mas para não haver ofuscação também será utilizado o Brise Tumbrise.

PARTIÇÕES Paredes secas

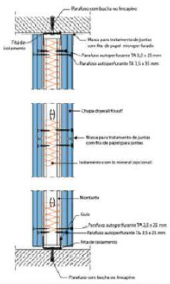
Paredes: Dry-wall

Partições entre escritórios e entre escritórios e hall elevadores:
Knauff w112 com lã de rocha:

Constituída por duas chapas drywall Knauf fixadas de cada lado de uma estrutura formada por perfis de aço galvanizado com larguras de 48, 70 ou 90 mm.

Seu isolamento acústico varia de 42 a 47 dB, sem lã mineral. Com lã mineral, sobe a até 55 dB nas paredes de maior espessura.

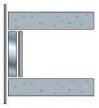
Indicada para separar unidades distintas ou a unidade da área comum (hall de elevador ou corredor).



PARTIÇÕES Paredes molhadas

Paredes: **Sistema de Fachada Knauf Aquapanel®**

Partições dos sanitários e copas



1. Pintura
2. Basecoat e malha superficial Aquapanel®
3. Fita 33 cm e massa para tratamento de juntas Aquapanel®
4. Parafuso Aquapanel® SB 39
5. Chapa Aquapanel® Outdoor
6. Tyvek®
7. Montante
8. Guia
9. Lã mineral
10. Chapa Knauf drywall

Parede externa aplicada diretamente entre lajes com gerenciamento de água

A construção de perfis, sendo uma externa e a outra entr lajes, é uma ótima solução para obter um bom desempenh térmico e acústico.

Informações Técnicas	
Desempenho	Alto
Acabamento superficial	Pintura
Espaçamento entre montantes	400 mm a 600 mm
Resistência ao fogo	30 minutos
Isolamento acústico (Rw,R)	60 dB
Isolamento térmico (valor U)	0,28 W/m²K

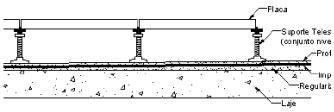
PARTIÇÕES

Piso circulações e hall:
Piso elevado knauff

Fabricados com "Sulfato de Cálcio", além de não inflamáveis, os Pisos Elevados Knauf possuem grandes resistências mecânicas e alta resistência ao fogo, exclusividade Knauf.

Os Pisos Elevados Knauf contêm ainda excelente amortecimento acústico, flexibilidade e excelente rendimento na montagem.

Benefícios:
- **Alto rendimento na montagem.**
- **União perfeita.**
- **Superfície de carga elevada.**
- **Possibilidade de utilização em diversas construções.**
- **Excelente isolamento térmico e acústico.**
- **Variação reduzida das dimensões, mesmo sob o efeito de flutuações higrotérmicas.**
- **Possibilidade de colocar qualquer revestimento sobre os Pisos Elevados Knauf.**
- **Facilidade de mover as instalações por estarem sob o piso.**



PARTIÇÕES

Teto: Forro acústico de lã de vidro

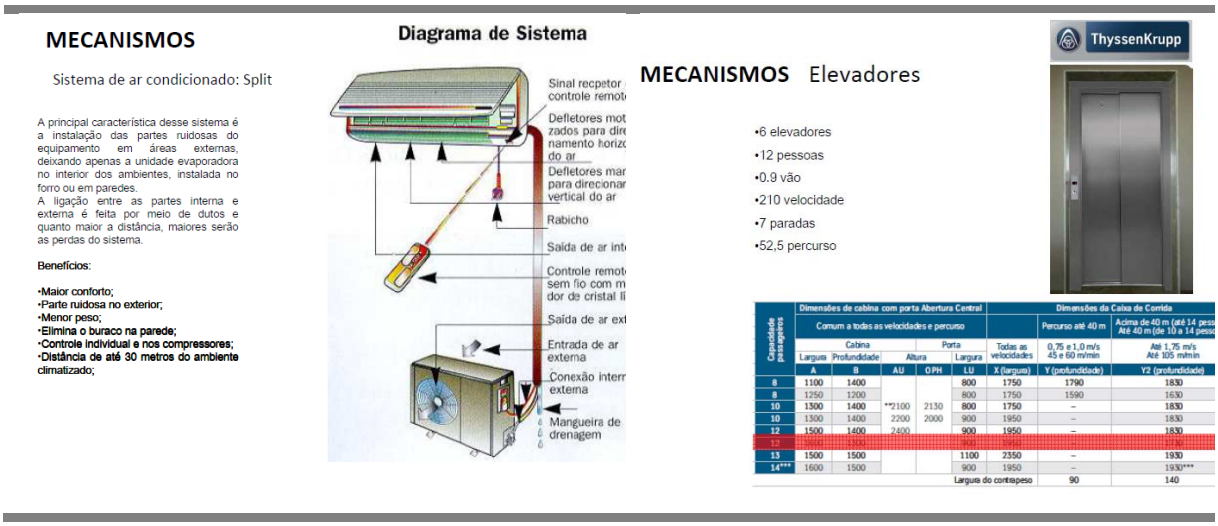
Forro Lã de Vidro é muito utilizado para escritórios, galpões, lojas, indústrias e em todos os ambientes que necessite de tratamento acústico e térmico com durabilidade comprovada.

Especialmente desenvolvido para isolação térmica e também com eficácia absorção dos ruídos existente nos ambientes, o forro lã de vidro também é fornecido em várias espessuras para atender assim todas as necessidades de alta isolação.

Benefícios:

- **Ótimo isolante térmico;**
- **Fácil instalação e manutenção;**
- **Dispensa ou reduz o uso do ar-condicionado;**
- **Maior absorção de ruídos;**
- **Melhor custo - benefício;**
- **Economia de tempo e mão-de-obra;**
- **Flexibilidade de corte;**

Tabela 6 (continuação) - Alguns sistemas construtivos e mecânicos definidos por Carol e Yasmim (Fonte: autora).



MECANISMOS

Sistema de ar condicionado: Split

A principal característica desse sistema é a instalação das partes ruidosas do equipamento em áreas externas, deixando apenas a unidade evaporadora no interior dos ambientes, instalada no forro ou em paredes.
A ligação entre as partes interna e externa é feita por meio de dutos e quanto maior a distância, maiores serão as perdas do sistema.

Benefícios:

- Maior conforto;
- Parte ruidosa no exterior;
- Menor peso;
- Elimina o buraco na parede;
- Controle individual e nos compressores;
- Distância de até 30 metros do ambiente climatizado;

Diagrama de Sistema

MECANISMOS Elevadores

- 6 elevadores
- 12 pessoas
- 0.9 vão
- 210 velocidade
- 7 paradas
- 52,5 percurso

ThyssenKrupp

Capacidade passageiros	Dimensões de cabina com porta Abertura Central						Dimensões da Caixa de Corrida	
	Comum a todas as velocidades e percurso						Percurso até 40 m	Acima de 40 m (até 14 pess Até 40 m (de 10 a 14 peso
	Cabina		Porta			Todas as velocidades	0,75 e 1,0 m/s 45 e 60 m/min	Até 1,75 m/s Até 105 m/min
	Largura	Profundidade	Altura		Largura			
	A	D	AU	OPH	LU	X (largura)	Y (profundidade)	Y2 (profundidade)
8	1100	1400			800	1750	1790	1830
8	1250	1200			800	1750	1590	1630
10	1300	1400	**2100	2130	800	1750	–	1830
10	1300	1400	2200	2000	900	1950	–	1830
12	1500	1400	2400		900	1950	–	1830
12	[illegible]	[illegible]			[illegible]	[illegible]		[illegible]
13	1500	1500			1100	2350	–	1930
14***	1600	1500			900	1950	–	1930***
					Largura do contrapeso		90	140

Diante de novas informações referentes à materialidade construtiva do edifício e seus requisitos técnico-funcionais os alunos foram conduzidos a desenvolver com maior nível de detalhamento a espacialidade interna da proposta, procurando por configurações espaciais que atendessem às investigações realizadas, com a devida atenção aos sistemas funcionais que compõem a edificação e à sua adequação climático-ambiental.

Neste momento as plantas baixas, que antes apresentavam apenas uma setorização funcional, foram então detalhadas conforme as necessidades pré-estabelecidas, surgidas a partir da entrada de novas informações que realimentaram o processo de projeto e possibilitam uma maior definição da espacialidade interna do edifício.

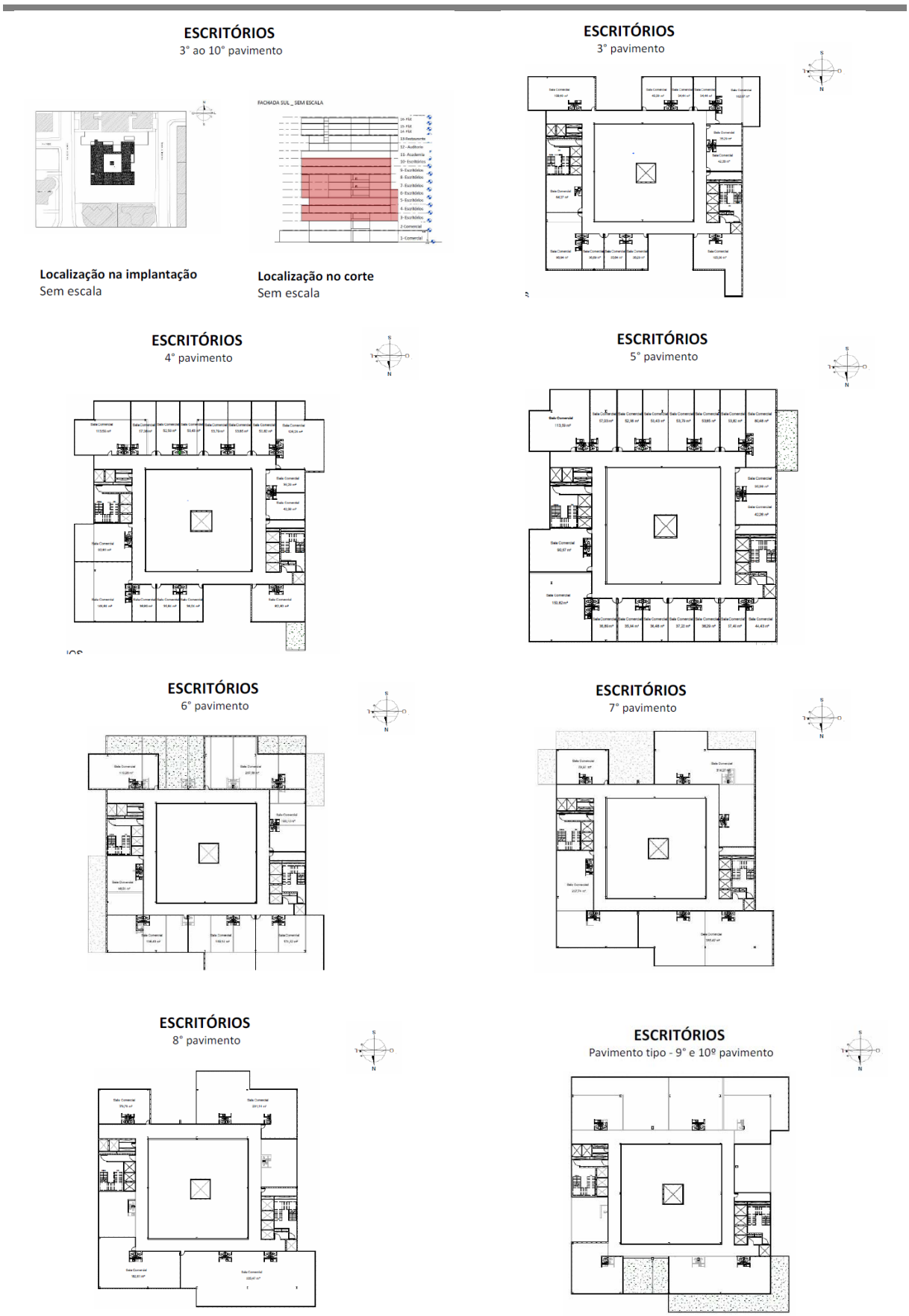


Figura 56 - Plantas baixas do território "Escritório" evoluídas a partir da decomposição hierárquica, elaboradas pelas alunas Diana e Aghata (Fonte: autora).

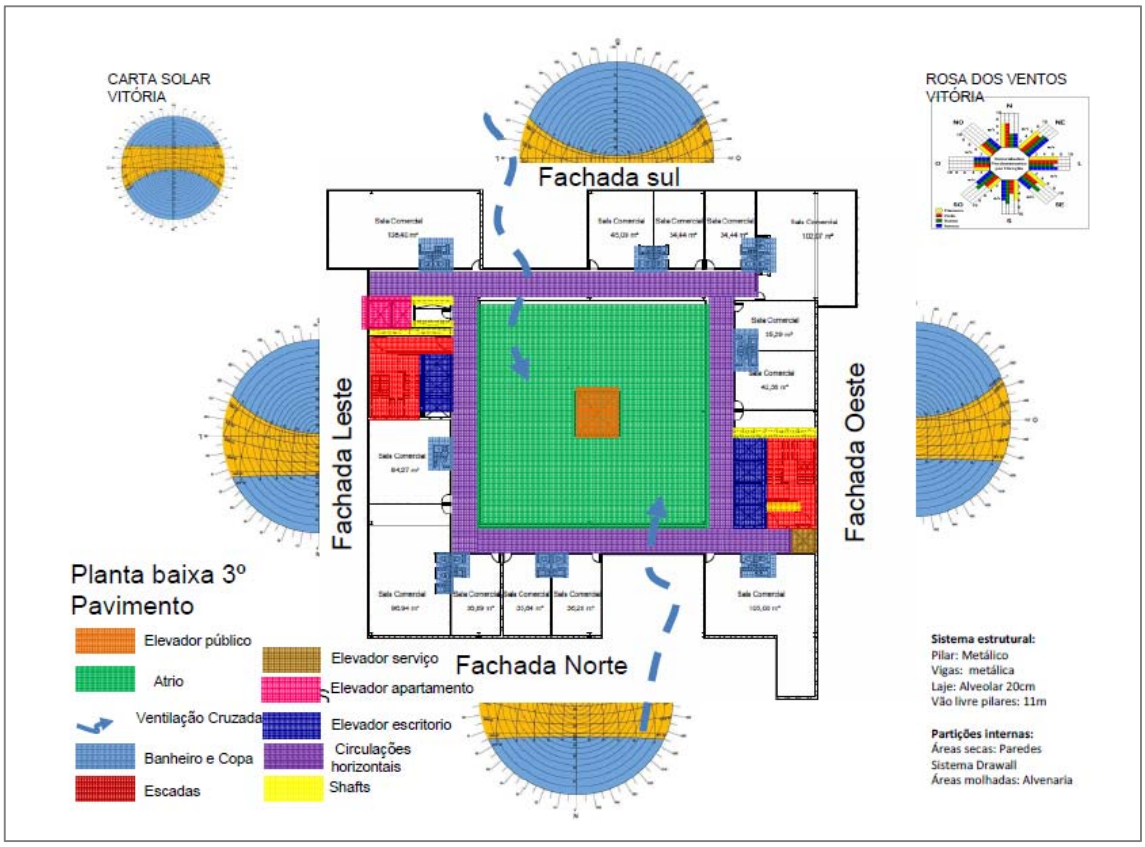


Figura 57 – Planta baixa do 3º pavimento, com o posicionamento dos sistemas de circulação, sistemas hidráulicos e áreas técnicas, incluindo análise dos horários de insolação nas fachadas, elaborada por Diana e Aghata, no módulo "DECOMPOSIÇÃO HIERÁRQUICA" (Fonte: autora).

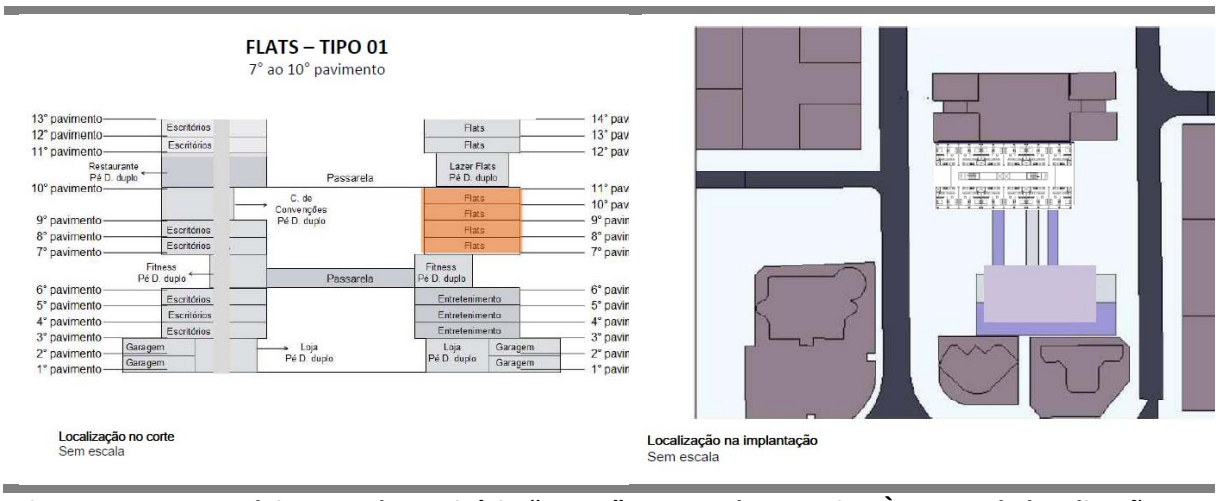


Figura 58 - Desenvolvimento do território "FLATS" por Carol e Yasmim. À esquerda localização em corte. À direita localização na implantação (Fonte: autora).

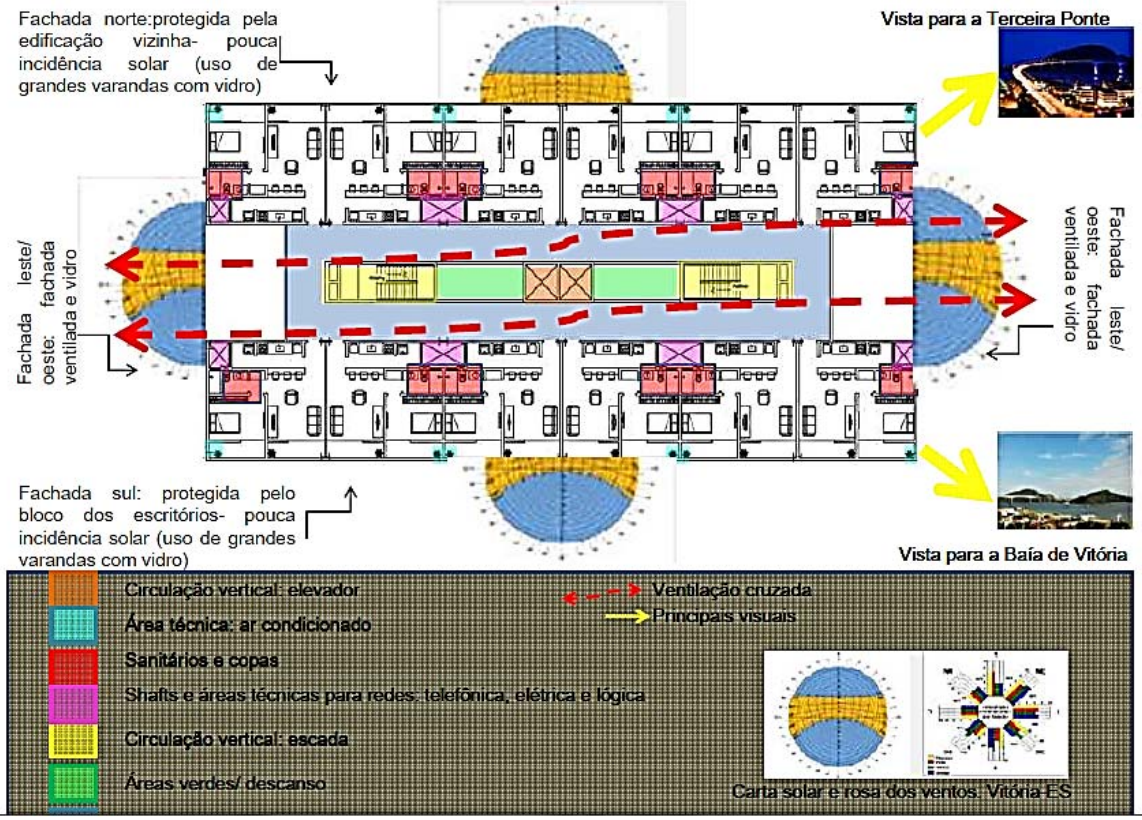


Figura 59 - Planta baixa do pavimento PAVIMENTO TIPO do território "FLATS" elaborado por Carol e Yasmim, com atenção aos sistemas funcionais do edifício, bem como sua adequação climática (Fonte: autora).

Durante o módulo "decomposição hierárquica", no processo de desenvolvimento do projeto pelos alunos, o partido inicial previamente elaborado sofreu deformações e ajustes para acomodar os requerimentos do edifício e os requisitos de desempenho explorados. As áreas destinadas a cada território foram então ajustadas para acomodar os diversos subsistemas que compõem o edifício e as suas necessidades. A partir desse módulo, desejou-se que as investigações relacionadas às definições construtivas do edifício fossem ampliadas, bem como as definições referentes à sua espacialidade interna.

Esta primeira etapa da decomposição hierárquica do edifício tratou essencialmente de sua decomposição funcional, na qual se investigou as relações estabelecidas entre a espacialidade, a materialidade, os sistemas e a forma, para que houvesse uma maior definição espacial dos territórios pretendidos no partido, incluindo agora novos requerimentos até então não abordados. O módulo seguinte, denominado "ESPAÇO ORIENTADO PELOS EVENTOS", migrou para outro domínio da decomposição hierárquica, e abordou outros subproblemas da concepção do edifício: a relação entre espaços e eventos. O item que se segue destina-se a relatar este módulo de ensino.

5.2.5. O ESPAÇO ORIENTADO PELOS EVENTOS

Este módulo foi orientado para uma investigação sobre a relação estabelecida entre a espacialidade do edifício, os eventos desejados e a apropriação pelos usuários. Nesse momento, retornou-se a uma maior preocupação com a relação estabelecida entre a espacialidade do edifício e o ambiente urbano que o circunda. Através das escolhas programáticas e espaciais do edifício, referentes à composição de seus espaços "híbridos" - destinados a abrigar funções diversas tais como, comércio, entretenimento, alimentação, lazer e convívio - procurou-se investigar como essas escolhas estão intrinsicamente relacionadas ao contexto urbano circundante.

Para o desenvolvimento desse módulo utilizou-se a metodologia desenvolvida por Alexander (1981) em sua "linguagem dos padrões", de forma adaptada ao contexto da disciplina. Objetivou-se incentivar os alunos a um maior entendimento sobre a conexão entre os padrões de espaços e eventos desejados. Essa abordagem centrou-se na investigação da apropriação dos espaços pelos usuários e na adequação dos usos propostos ao contexto do próprio edifício e do espaço urbano no qual se insere. Dessa forma esse módulo, denominado "ESPAÇO ORIENTADO PELOS EVENTOS", objetivou a composição dos espaços públicos e comerciais do edifício, incluindo também o projeto de paisagismo. Seu fluxograma é apresentado na Figura 60.

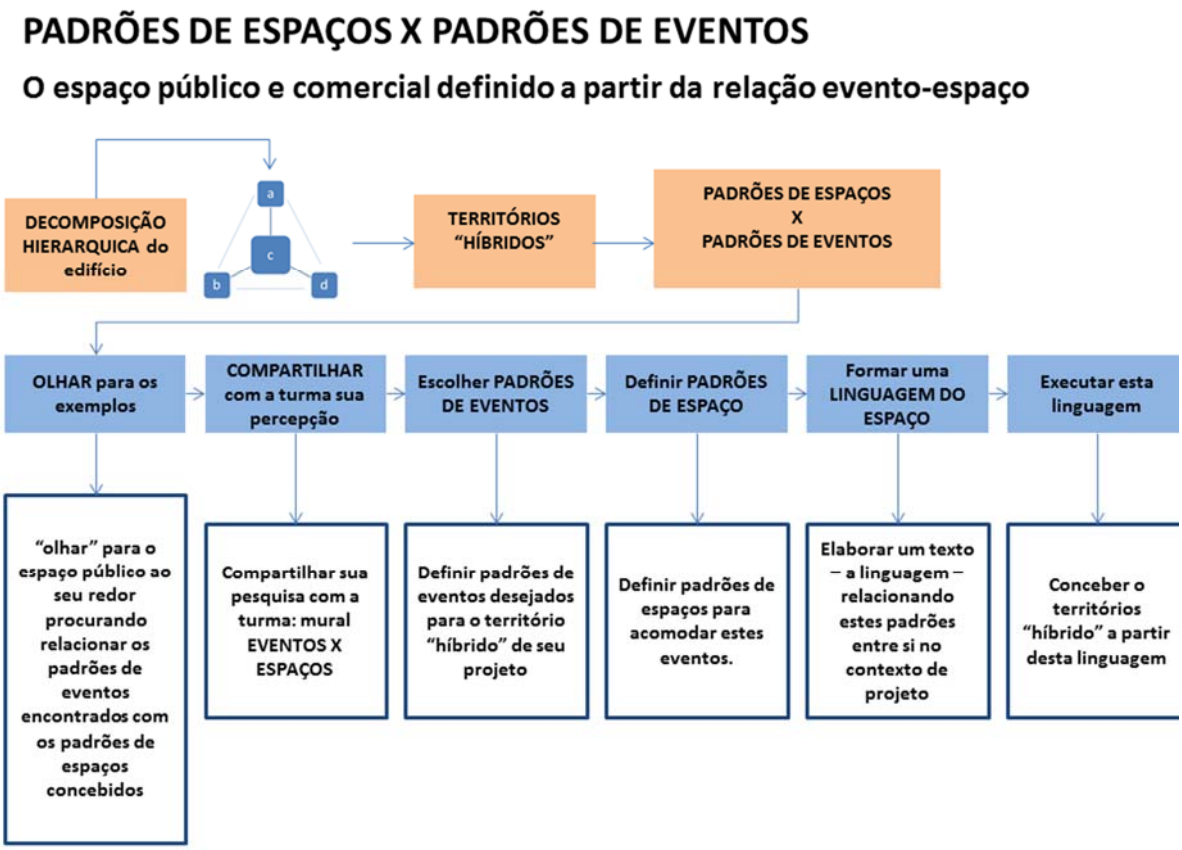


Figura 60 – Fluxograma do módulo "ESPAÇO ORIENTADO PELOS EVENTOS" (Fonte: autora).

O primeiro exercício desse módulo pretendeu estimular o desenvolvimento de um olhar crítico dos alunos com relação aos espaços da cidade, à procura de relações estabelecidas entre espaços construídos e os eventos acomodados. Neste exercício, os alunos foram convidados a um passeio por vários pontos da cidade, no qual deveriam refletir sobre a contribuição da configuração espacial dos espaços visitados para a promoção de certos eventos. O produto deste exercício foi então apresentado pelos alunos em um debate coletivo, onde cada grupo apresentou à turma a reflexão elaborada, utilizando basicamente o recurso da fotografia (Figura 61).

Figura 61 – Exercício "espaços x eventos" (Fonte: autora).

Após a apresentação, os alunos iniciaram um processo de reflexão sobre os tipos de eventos desejados na composição dos espaços "híbridos" de seus edifícios. Procurou-se, desta maneira, destrinchar territórios denominados "comércio", "público" ou "praça", através de uma composição baseada na relação espaço x evento. Pediu-se ainda que os alunos procurassem estabelecer uma organização hierárquica entre os eventos escolhidos, refletindo sobre a forma como os eventos se inter-relacionavam através dessa organização, conferindo uma "linguagem" ao espaço e contribuindo para a qualidade desse espaço e sua permanência ao longo do tempo (Figura 62).

Desejava-se que, a partir dessa investigação, os alunos pudessem conceber as ideias iniciais referentes à organização dos espaços híbridos do complexo, bem como as propostas relacionadas ao paisagismo, baseados na relação espaço – eventos.

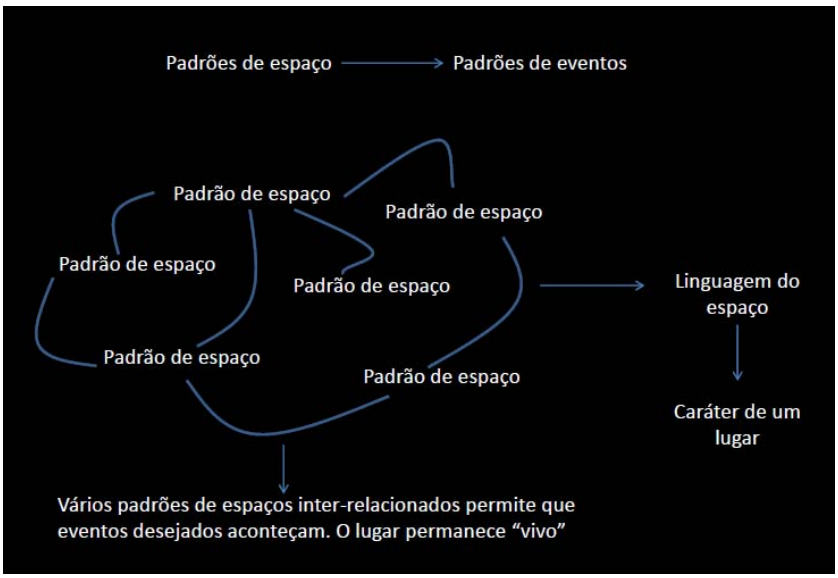


Figura 62 – Diagrama explicativo sobre a composição dos espaços a partir dos eventos de forma a se compor uma "linguagem" (Fonte: autora).

Os alunos foram então convidados a pensar sobre os tipos de eventos que poderiam ocorrer nesses espaços e, também, sobre a adequação desses eventos ao contexto do próprio edifício e ao contexto urbano no qual o edifício se inseria. A partir desta reflexão listaram uma série de "eventos" e os relacionaram a "espaços" que poderiam acomodar tais eventos (Tabela 7). Os alunos deveriam ainda refletir sobre como esses espaços relacionar-se-iam entre si, de modo que a composição gerada a partir do inter-relacionamento estabelecido conferisse uma identidade ao espaço, estabelecendo ali uma "linguagem" (Tabela 8).

Tabela 7 – Padrões de eventos desejados e padrões de espaço elaborados por alunos durante o módulo "O ESPAÇO ORIENTADO PELOS EVENTOS".

PADRÕES DE EVENTOS:	PADRÕES DE ESPAÇO:
• Bate papo;	Ruas de comércio.
• Crianças brincando;	Mobiliário urbano
• comer;	Café na calçada
• descansar;	Vida noturna
• Conversar com os amigos;	Cores e sensações no paisagismo
• Namorar vitrines;	Caminhos para bicicletas, patins e skates, e lugares para guardá-las
• Jogar dominó com os amigos;	Sombra fresca
• Andar de bicicleta, patins, skate;	Crianças na cidade
• ler;	Lugar para comer
• Sombra fresca;	Entrada principal
• Barulho da água;	Lugar para ler e descansar
• Vista agradável do jardim;	
• Iluminação natural;	
• Cores e sensações no paisagismo.	

Tabela 8 – A “linguagem” do espaço elaborado por alunos a partir da escolha Espaço - Eventos.

LINGUAGEM Uma rua coberta no meio dos dois edifícios e com grandes áreas verdes tornará o térreo deste edifício um local bonito e agradável. No meio desta rua coberta haverá restaurantes, padarias, bancas de jornal que serão instaladas para atrair a população tornando um ótimo **LOCAL PARA COMER** e **CONVERSAR COM OS AMIGOS**. Junto com esses espaços, canteiros com vegetação e mobiliários urbanos servirão como um **LUGAR DE DESCANÇO,** enquanto outras pessoas podem **NAMORAR AS VITRINES** já que as lojas estarão viradas para esta rua coberta, que terá uma grande via para que as pessoas possam circular tranquilamente, além de um espaço específico para as pessoas **ANDAREM DE BICICLETA, PATINS, SKATE**. Ao sair desta rua coberta, as pessoas se depararão com um belo jardim proporcionando **CORES E CHEIROS, SENSAÇÕES**. Neste vasto jardim, com árvores e flores, será um **LOCAL AGRADÁVEL PARA LER** ,com **SOMBRA FRESCA e ILUMINAÇÃO NATURAL.** Um lago artificial fará com que este local seja ainda mais prazeroso e remita tranquilidade com o **BARULHO DA ÁGUA.** Além disso, será possível que de qualquer ponto, as pessoas tenham um contato com este jardim fazendo com que obtenham uma **VISTA MAIS AGRADÁVEL DO JARDIM.** Os mobiliários urbanos serão pensados para que as pessoas possam jogar dominó, damas e, além disso, que sejam posicionados de forma que haja interação entre as pessoas proporcionando um bom **BATE PAPO** entre amigos. Planejar um local para **CRIANÇAS BRINCAREM**, com segurança e que os pais possam ver, obtendo uma boa vigilância natural.

Uma vez construída a “linguagem” do espaço, os alunos deveriam então elaborar a “estrutura física” que acomodaria tal linguagem, concebendo os espaços híbridos do edifício.

Figura 63 – Concepção preliminar em planta baixa, elaborada por alunos, dos espaços híbridos do pavimento térreo, incluindo paisagismo. (Fonte: autora).

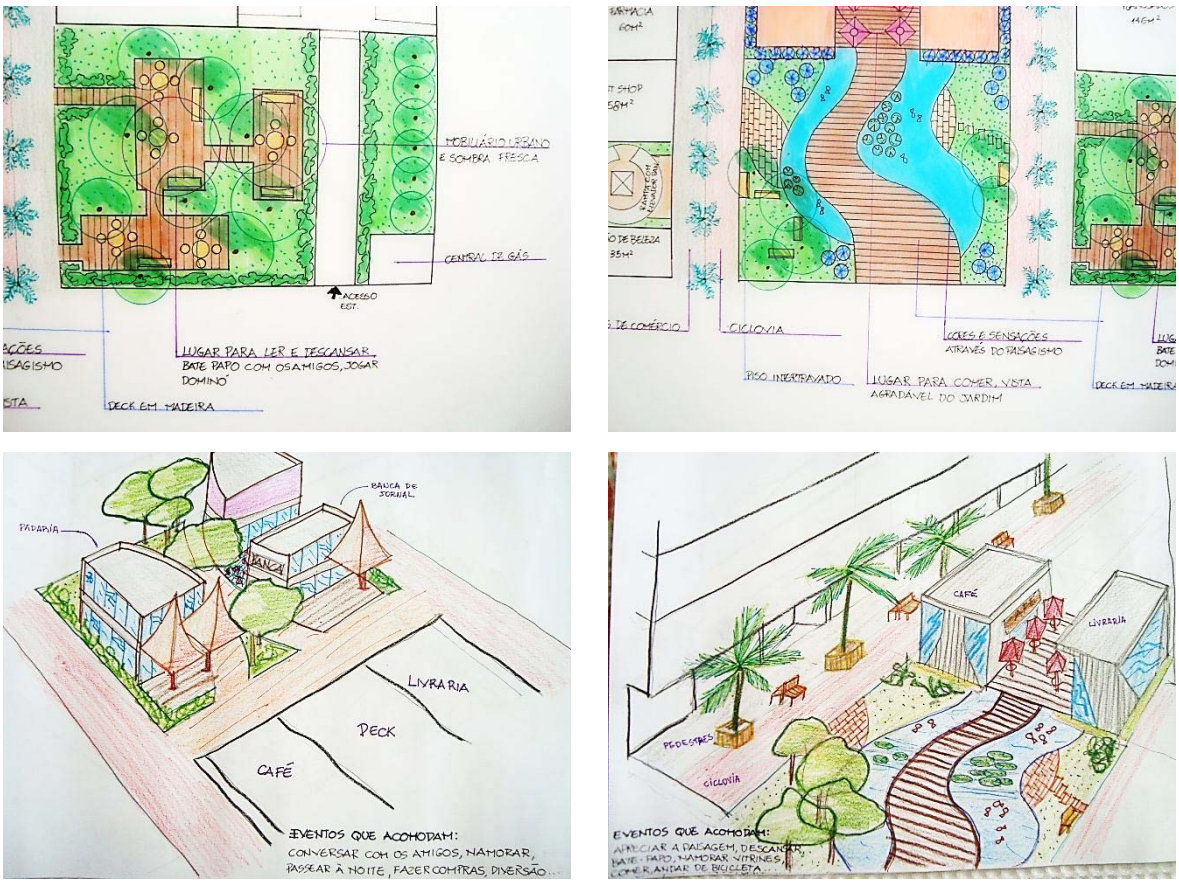


Figura 64 – Concepção preliminar em planta baixa e perspectivas, elaborada por alunos, dos espaços híbridos do pavimento térreo, incluindo paisagismo (Fonte: autora).

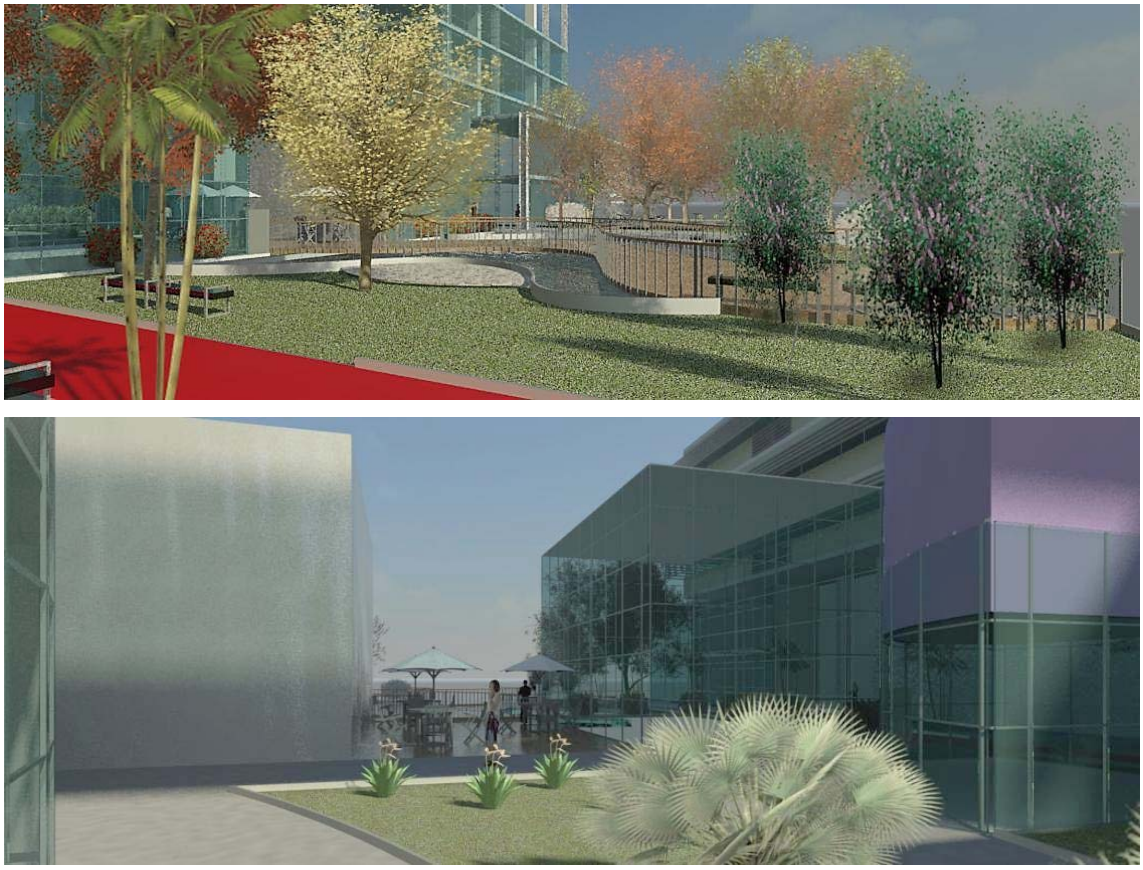


Figura 65 – Proposta final, elaborada por alunos, dos espaços híbridos do pavimento térreo, incluindo paisagismo. (Fonte: autora).

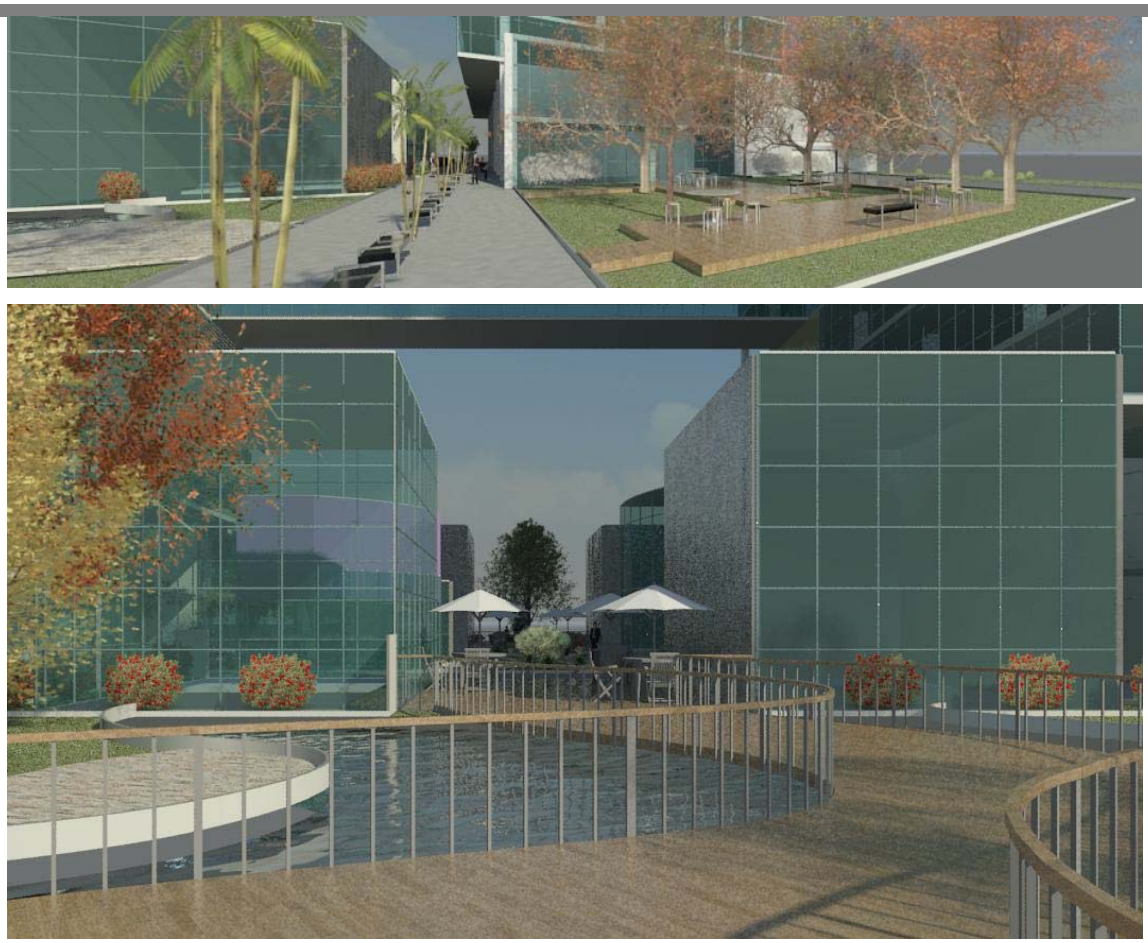


Figura 66 – Proposta final, elaborada por alunos, dos espaços híbridos do pavimento térreo, incluindo paisagismo. (Fonte: autora).

Após a conclusão desse módulo a espacialidade interna e externa do edifício estava definida e o próximo módulo tratou de investigar de outro subproblema do projeto: a questão do desempenho da envoltória.

5.2.6. A ENVOLTORIA A PARTIR DO DESEMPENHO

O último módulo da disciplina destinou-se essencialmente ao aprofundamento da concepção da envoltória iniciada na definição do partido. Nesse momento, o atendimento da envoltória aos requisitos de desempenho investigados no início da disciplina, foi efetivamente trabalhado. O objetivo desse módulo centrou-se na tarefa de estabelecer uma composição final para a envoltória, a partir dos requisitos desejados.

Nas aulas expositivas fez-se uma apresentação sobre a envoltória como um elemento essencial à adequação ambiental do edifício, uma vez que realiza funções diversas, tais como iluminar, ventilar, condicionar, proteger, conectar, comunicar. Ressaltou-se a importância da

envoltória para o desempenho global do edifício e a necessidade de uma análise sistêmica para a definição dos elementos que a compõem.

Foi enfatizado que a envoltória, ao atender um dado requerimento funcional, irá provocar impacto sobre outros requerimentos, e por diversas vezes há contradições neste atendimento. Por sua vez, as escolhas referentes aos materiais da envoltória englobam definições técnico-construtivas, tais como durabilidade, flexibilidade e manutenção. Aliado a estes requisitos, a concepção da envoltória envolve ainda um forte julgamento estético, já que está diretamente relacionada com a "imagem" do edifício e que por sua vez exerce forte presença na paisagem urbana. Uma concepção sistêmica da envoltória deve, portanto, acomodar e relacionar os requisitos técnicos, ambientais e estéticos.

Para realizar esta concepção integrada da envoltória, incentivou-se que os alunos utilizassem o recurso da **simulação**, como instrumento de **concepção e análise**, e que a concepção estivesse baseada no desempenho esperado para atender diversas funções que operam simultaneamente (Figura 67).

Figura 67 – Diagrama apresentado aos alunos com as "funções" da envoltória (Fonte: autora).

O processo de concepção da envoltória desenvolveu-se através do fluxograma representado na Figura 68.

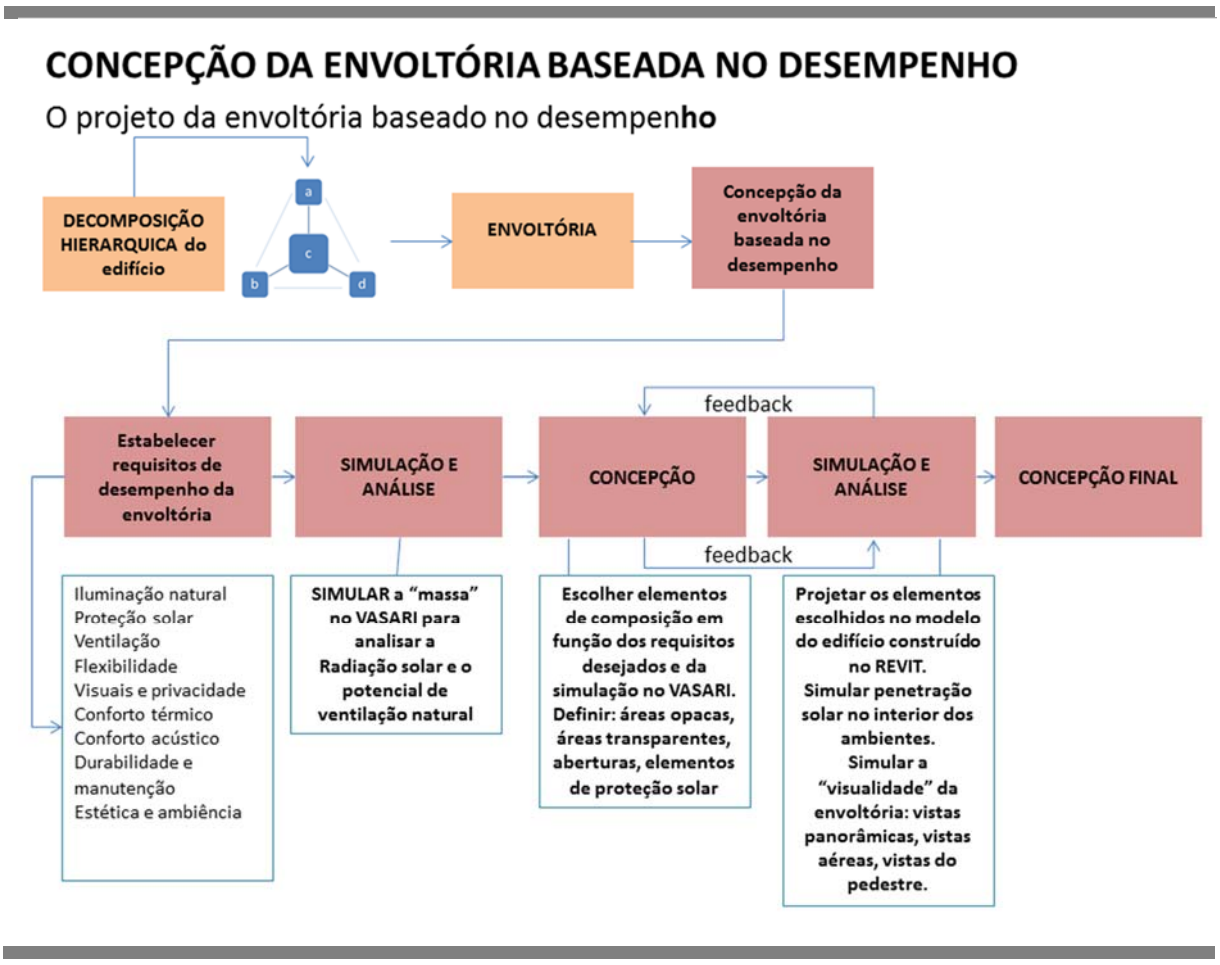


Figura 68 – Fluxograma aplicado para a concepção da envoltória

O primeiro exercício do módulo iniciou-se com a simulação da "massa"[28] edifício-entorno no ambiente do software VASARI[29]. Nessa simulação as seguintes análises foram efetuadas[30]:

- Simulação de radiação solar, na qual é possível obter uma variação gradativa da insolação recebida pelas fachadas, em diversas épocas do ano;
- Simulação de fluxos de vento, na qual é possível elaborar de forma extremamente dinâmica e simples simulações no túnel de vento possibilitando avaliar os fluxos de ventilação recebidos pelo edifício, bem como impactos do edifício no entorno.

[28] A "massa" refere-se apenas à "casca" do edifício. Para simulação no VASARI não são necessárias maiores definições.

[29] Software da Autodesk, disponibilizado no Autodesk Labs em setembro de 2011. Possui ambiente digital muito semelhante ao Revit Architecture e permite uma fácil manipulação da forma atrelada à análise de desempenho. Permite simulações de radiação solar nas fachadas, ventilação natural e análise de consumo energético.

[30] A base de dados climáticos do VASARI é baseada em estações climáticas que disponibilizam servidores climáticos "virtuais" localizados na internet, portanto o programa só funciona "on-line". Basta referenciar o modelo, através de sua localização, pela latitude e longitude, que o programa automaticamente busca os dados da estação mais próxima.

A volumetria definida foi simulada no VASARI e foram avaliados os níveis relativos de insolação nas fachadas do modelo, em diferentes épocas do ano, e o comportamento dos fluxos de ventilação do entorno com a inserção do edifício. De posse das simulações realizadas no VASARI[31] os alunos elaboraram análises críticas, procurando relacionar as simulações realizadas com as escolhas referentes à composição da envoltória.

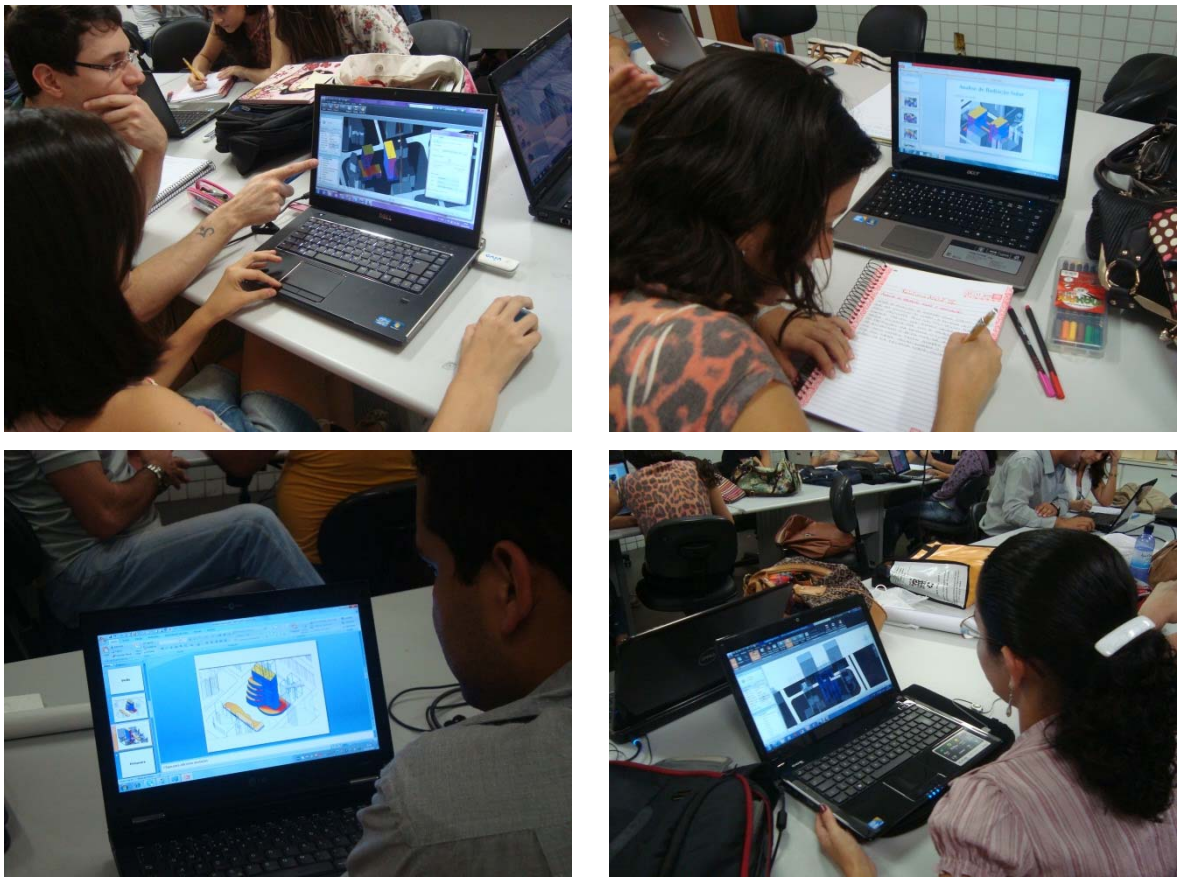


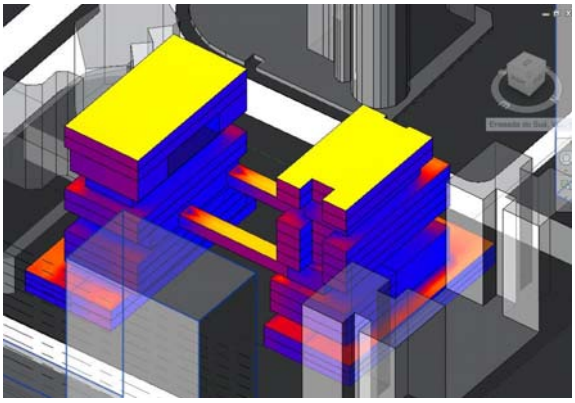
Figura 69 – Dinâmica da utilização do VASARI em sala de aula (Fonte: autora).

A partir das simulações e análises elaboradas os alunos escolheram os materiais de composição da envoltória da edificação, definindo posição e tamanho de aberturas, bem como posição e dimensionamento de elementos de proteção solar. Todas essas escolhas foram então inseridas nos modelos elaborados no *Revit* (Figura 73).

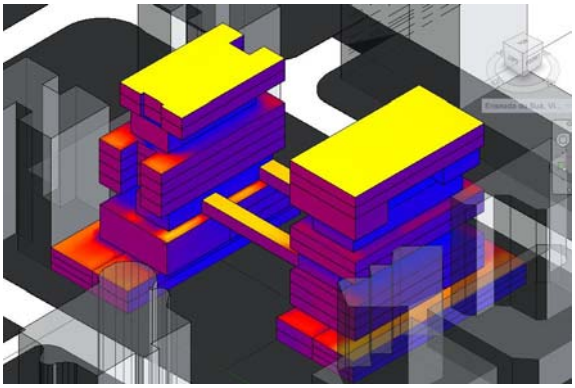
[31] As simulações de radiação solar resultantes do VASARI apresentam uma coloração gradativa das fachadas que varia do amarelo para o azul, sendo a cor amarela a que representa uma radiação recebida mais intensa e a cor azul a que representa uma radiação recebida menos intensa. As gradações intermediárias (vermelhas e roxas) são variações entre os dois extremos.

SOLSTÍCIO DE VERÃO

FACHADA NORTE E LESTE

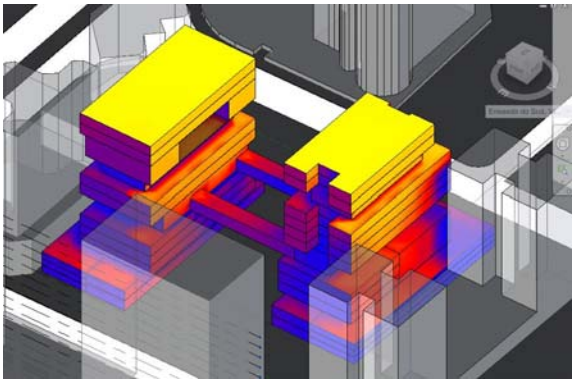


FACHADA SUL E OESTE

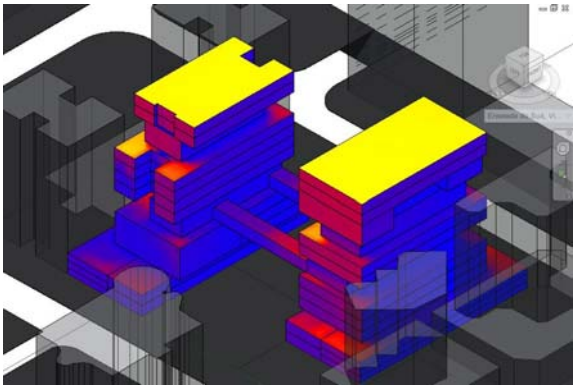


SOLSTÍCIO DE INVERNO

FACHADAS NORTE E LESTE

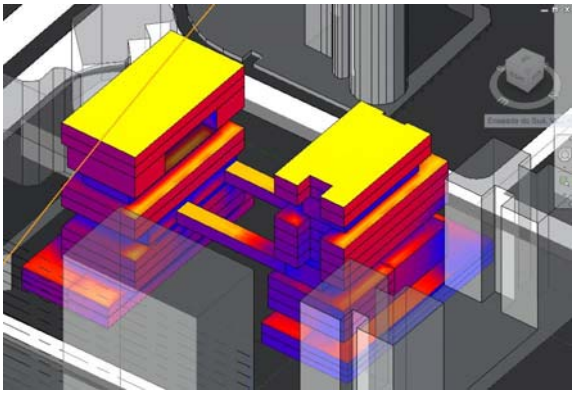


FACHADAS SUL E OESTE



EQUINÓCIO DE PRIMAVERA

FACHADAS NORTE E LESTE



FACHADAS SUL E OESTE

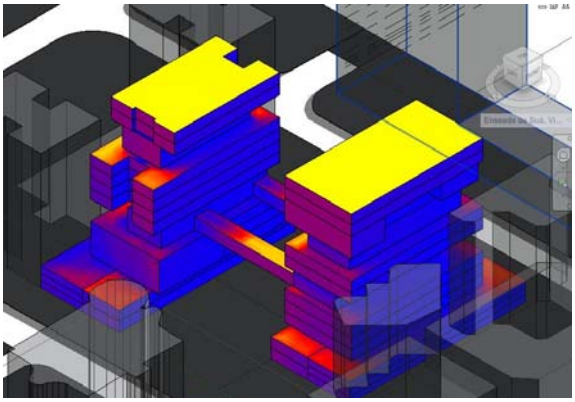
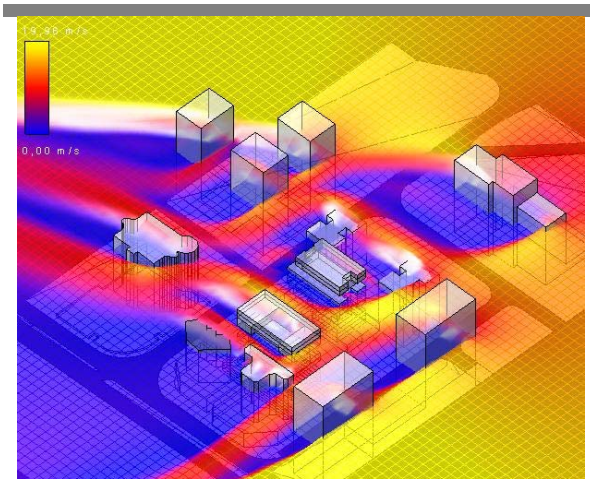


Figura 70 – Simulações elaboradas por alunos no software VASARI (Fonte: autora).



Sobre as análises de radiação solar, podemos perceber que no solstício de verão, a fachada Oeste é a mais castigada pelo sol, isso por não conter prédios que possam causar sombreamento nessa fachada, então é necessário o uso de proteções. Na fachada Sul, os edifícios que se encontram a beira mar, na Av. Nossa Senhora dos Navegantes, fazem sombra nesta fachada, tornando desnecessário o uso de proteções. Na fachada Norte, ocorre a mesma coisa, existe o sombreamento dos prédios. A fachada leste recebe radiação solar, principalmente nas varandas e no terraço jardim. No solstício de inverno, a fachada sul não recebe insolação. A fachada oeste recebe uma radiação moderada. A fachada norte, por sua vez, recebe bastante radiação em toda sua extensão. Diferentemente das outras fachadas, a fachada leste recebe radiação somente nos andares superiores, nos primeiros andares há sombreamento causado pelos prédios vizinhos. No equinócio de primavera, as fachadas sul e oeste não recebem tanta radiação, já as fachadas norte e leste, apresentam mais intensidade de insolação, principalmente nos andares superiores.

Na análise de ventilação, a fachada leste recebe mais ventilação, formando um "corredor de vento" entre a edificação e as edificações vizinhas, vento este proveniente da Baía de Vitória. Já nas demais fachadas, a incidência de ventilação diminui, devido a barreira formada pelos prédios vizinhos.

Figura 71 - Simulações e análises elaboradas por alunos no VASARI (Fonte: autora).

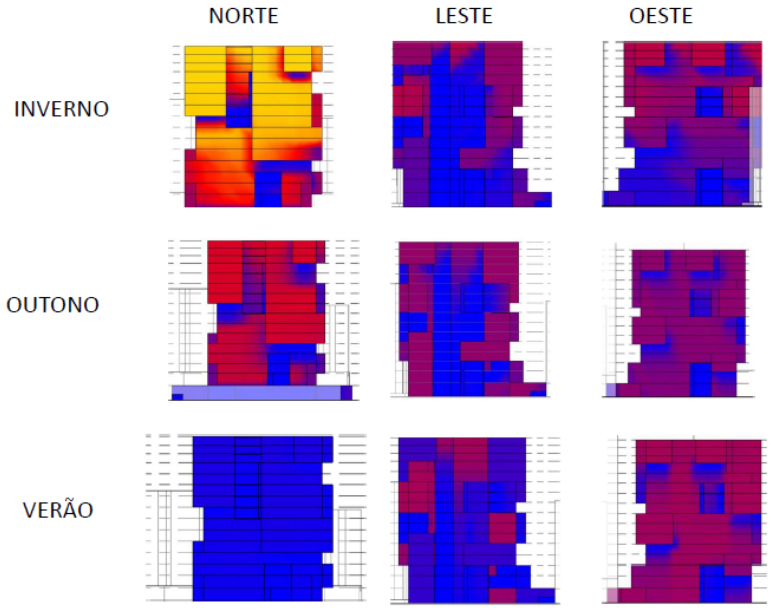


Figura 72 - Simulações de radiação solar elaboradas por alunos no VASARI (Fonte: autora).

Figura 73 - Composição da envoltória elaborada por alunos após as simulações e análises (Fonte: autora).

Durante o desenvolvimento da composição da envoltória realizaram-se também simulações no REVIT sobre a penetração solar para avaliar a eficiência dos elementos de proteção solar projetados, analisando a relação entre proteção solar x conexão visual com o exterior (Figura 74).

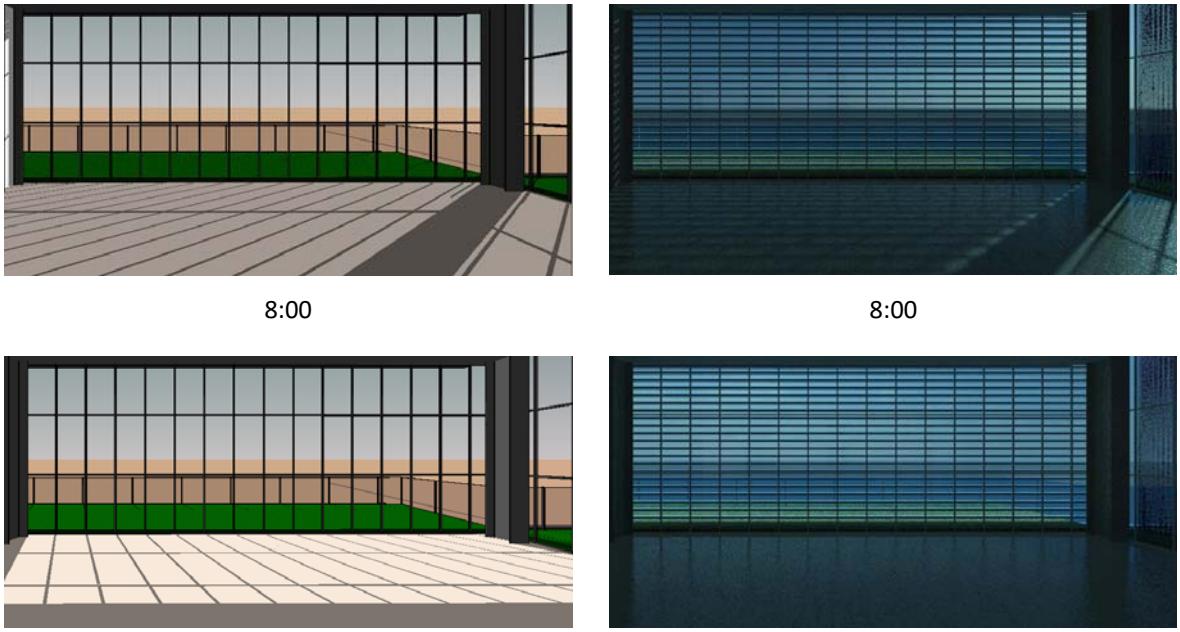


Figura 74 – Estudos de penetração solar realizada por alunos no Revit. (Fonte: autora).

Após o último módulo, o resultado final dos alunos é apresentado para a turma em um seminário oral, onde cada dupla apresenta o projeto através do blog. Apresentações intermediárias, porém, já foram elaboradas em outros momentos, onde se procurou incentivar a crítica dos alunos com relação aos projetos dos colegas. Os blogs elaborados pelos alunos durante o desenvolvimento das propostas constituíram-se meios que permitiram a colaboração entre os alunos e possibilitaram aos professores e alunos acompanhar a evolução dos projetos.

Desenvolveu-se até aqui um relato da experiência pedagógica realizada, apresentando a evolução projetual desenvolvida, bem como os resultados alcançados. Será desenvolvida a seguir uma síntese sobre os conceitos investigados na fundamentação teórica dessa tese, onde, através da experiência pedagógica realizada, procurou-se estabelecer interfaces entre os resultados alcançados e os conceitos teóricos definidos.

CAPÍTULO 6

Investigação: Compreendendo o edifício como organismo no ateliê de ensino de arquitetura

6. INVESTIGAÇÃO: COMPREENDENDO O EDIFÍCIO COMO ORGANISMO NO ATELIÊ DE ENSINO DE ARQUITETURA.

A partir dos conceitos sistêmicos apresentados nessa tese, realizou-se uma investigação sobre como eles explicitaram-se na abordagem metodológica realizada na experimentação, analisando-se os episódios ocorridos e os produtos obtidos. A partir dos conceitos teóricos aqui estabelecidos buscou-se compreender de que maneira esses conceitos contribuíram para que os alunos pudessem desenvolver uma compreensão sistêmica do edifício, através de uma abordagem do projeto orientado pelo desempenho. Buscou-se ainda investigar a contribuição das ferramentas utilizadas no experimento pedagógico para o desenvolvimento dessa compreensão sistêmica do edifício.

6.1. Os elementos sistêmicos no contexto da disciplina

A metodologia desenvolvida e aplicada na experimentação pedagógica foi construída de modo a possibilitar aos alunos de quinto período o tratamento da complexidade inerente ao edifício e seu processo de concepção, vinculados à análise de desempenho do edifício. Desejava-se que os alunos tivessem uma melhor compreensão, em determinado "momentos" da evolução do projeto, das relações estabelecidas entre as escolhas formais e espaciais e o desempenho do edifício como um todo. Desejava-se ainda possibilitar um processo de aprendizagem no qual o próprio processo de projeto é formador de conhecimento, de forma a permitir ao aluno uma maior reflexão sobre o que é concebido, incentivando processos reflexivos de "conhecer-na-ação" e "refletir-na-ação" preconizados por SCHON (1983; 2000).

Com a finalidade de atingir estes objetivos elaborou-se um método de ensino de projeto a partir da leitura, investigação e apropriação de conceitos sistêmicos, tais como: sistema, organismo, auto-organização, contexto, desempenho, hierarquia, emergência, retroalimentação e subjetividade.

Na descrição que se segue será apresentado como esses conceitos foram apropriados pelo método de ensino, bem como colaboraram para uma compreensão sistêmica pelos alunos, tanto do edifício - reconhecendo-o como um organismo que participa ativamente de um contexto – quanto de seu processo de concepção – reconhecendo-o como um processo retroalimentado no qual o próprio processo é formador de conhecimento.

6.1.1. Sistema e organismo.

Na experimentação pedagógica realizada procurou-se trabalhar juntamente com os alunos o reconhecimento do edifício como um **organismo**, ou seja, um **sistema autônomo**, que possui uma rede de relações internas próprias definidas a partir de um contexto programático e em estreito relacionamento com o contexto no qual se insere (econômico, social, ambiental, tecnológico, cultural).

Entendeu-se que uma abordagem sistêmica aplicada à arquitetura pode ser considerada como um processo de reconhecimento do edifício como um organismo, cujo caráter é estabelecido através das relações que ocorrem internamente ao mesmo e das relações de acomodação deste organismo em um determinado contexto.

O edifício enquanto organismo possui subsistemas inter-relacionados e, por sua vez, é também um subsistema do sistema maior no qual está inserido, portanto, sujeito a trocas e interferências. Assim, trabalhou-se com os alunos não somente a compreensão sobre os componentes do edifício (sua estrutura física), mas também para a compreensão de sua organização (as relações estabelecidas entre componentes, edifício, desempenho e contexto) de modo que se pudesse investigar como esta organização poderia colaborar para a qualidade dos espaços internos, bem como para a dinâmica urbano-ambiental do contexto no qual o edifício se inseria.

Durante o processo de evolução do projeto do edifício procurou-se, portanto, pela compreensão das relações de interdependência entre as suas diversas partes que o compõem, bem como as relações estabelecidas entre ele e o contexto. Por sua vez, procurou-se relacionar o estabelecimento dessas relações com o alcance de determinadas metas de desempenho, objetivando-se estabelecer uma organização que contribuísse para um determinado desempenho.

O incentivo ao reconhecimento do edifício como organismo ocorreu em diversos momentos da disciplina. Esse processo de reconhecimento inicia-se com a exploração do conceito "sustentabilidade" através de aulas expositivas e leitura de textos pertinentes para a construção de uma visão mais ampliada para sua abordagem na arquitetura. É fato que as impressões preliminares dos alunos sobre o tema centram-se apenas no desempenho ambiental do edifício. Incentivados a dialogar sobre o tema, os alunos reconheceram como

um edifício sustentável aquele que “economiza energia”, “produz menos poluentes”, “utiliza técnicas alternativas”. Isso ficou claro quando muitos alunos, ao elaborarem mapas conceituais relacionados à caracterização do “edifício híbrido” e sua relação com a “arquitetura sustentável” identificaram essa relação estabelecidas nas questões relacionadas à conservação de energia e materiais (Figura 75).

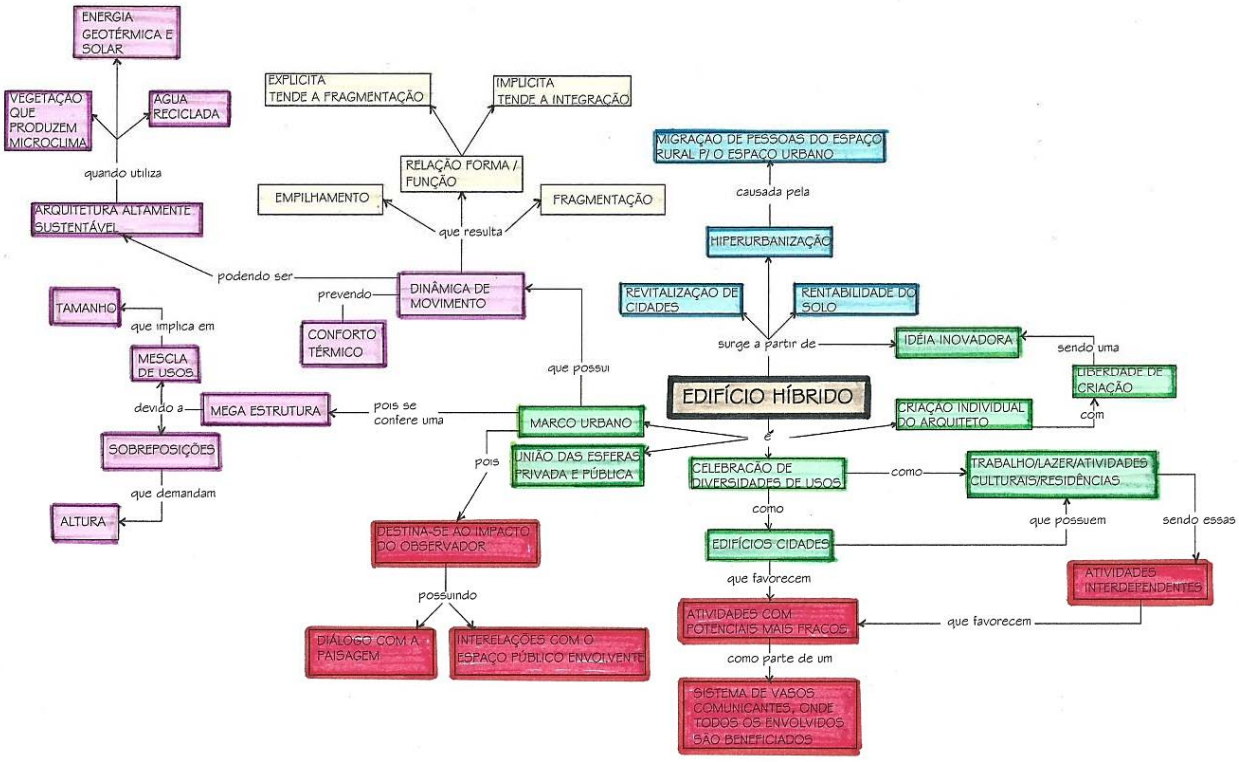


Figura 75 – Mapa conceitual “edifício híbrido” elaborado pelos alunos Karina e Ruan (Fonte: autora).

Na investigação sobre o termo “sustentabilidade”, procurou-se ressaltar a importância da investigação sobre as relações estabelecidas entre edifício e contexto, não somente relacionado à questão ambiental, mas também à questão urbana, econômica e social. Procurou-se ressaltar que o edifício se configura como um sistema em estreita relação com um contexto e pode participar de forma positiva na dinâmica estabelecida nesse contexto, contribuindo para sua qualidade.

Através da leitura do texto de MASSARA (2011) e debates promovidos em sala de aula, solicitou-se a construção do mapa conceitual “arquitetura sustentável”. A partir daí, conseguiu-se notar um entendimento mais ampliado sobre o significado do termo, conforme pode ser identificado no mapa de Camila e Gabriela (Figura 76). As alunas ressaltaram

conceitos-chaves importantes tais como “comprometimento social”, “ampliação da qualidade dos espaços públicos e privados”, “integração dos equipamentos” e “inovação”.

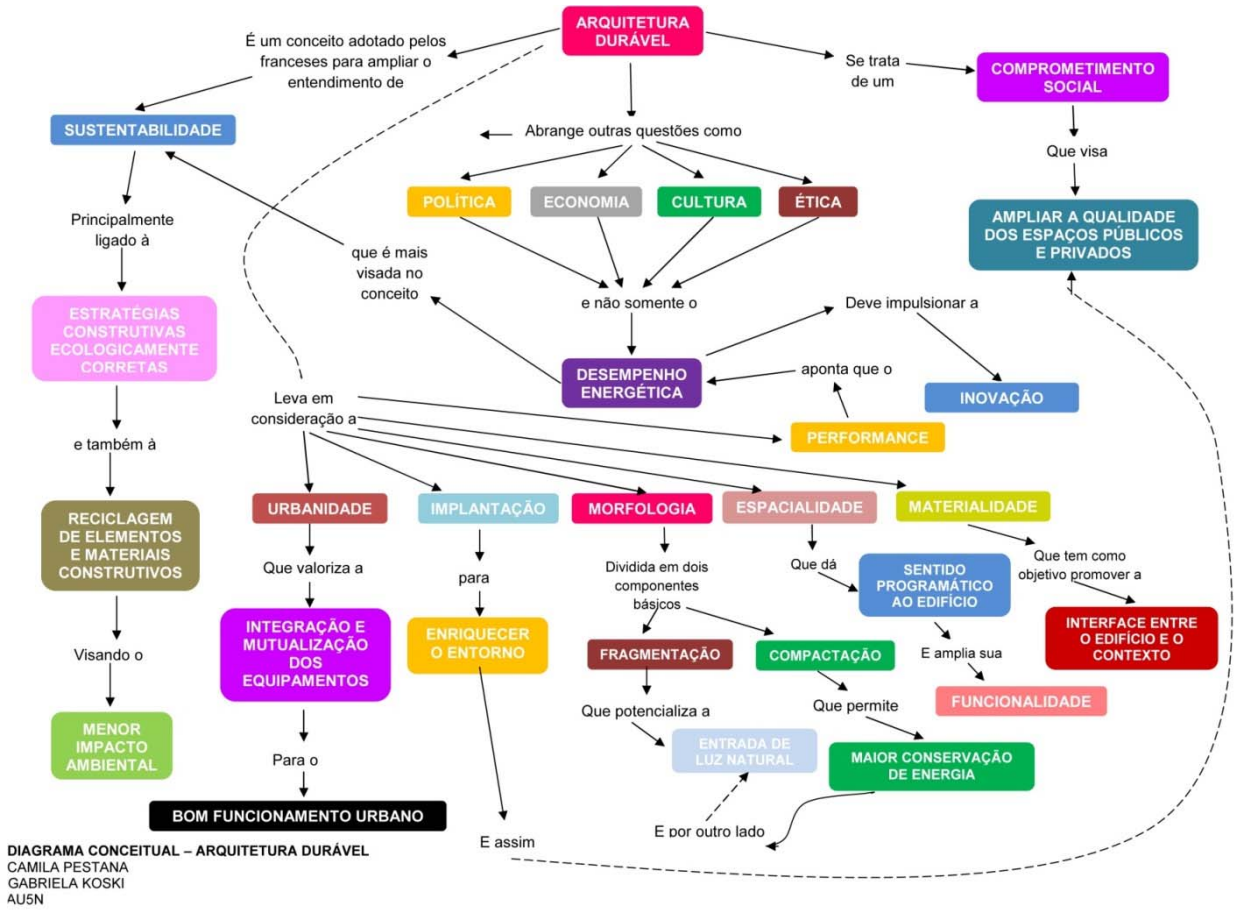


Figura 76 – Mapa conceitual elaborado pelas alunas Camila e Gabriela. (Fonte: autora)

Um segundo momento destinado ao reconhecimento do edifício como um organismo ocorre no módulo “PROPOSIÇÃO” quando os alunos são convidados a investigar o contexto do projeto e a elaborar diretrizes projetuais baseadas nesse contexto, investigando ações projetuais que poderiam contribuir não somente para a qualidade do próprio edifício, mas também para a qualidade do contexto no qual o edifício se inseria. A definição das diretrizes colaborou enormemente para a fundamentação das propostas desenvolvidas pelos alunos no módulo seguinte denominado “ORGANIZAÇÃO E PARTIDO” destinado à concepção preliminar das propostas.

Vale ressaltar que foi muito comum presenciar situações em que, durante as investigações iniciais do projeto relacionadas ao trinômio implantação-forma-espacialidade, o aluno se encontrasse em processos de manipulação formal desvinculadas do contexto e de suas análises prévias sobre esse contexto, muitas vezes presos em esteticismos formais pouco

fundamentados. Nesses momentos o papel do professor foi fundamental para o resgate da atenção do aluno às suas próprias diretrizes e ao contexto investigado.

Nas orientações, o professor procurava incentivar o aluno a fundamentar suas escolhas a partir de suas diretrizes previamente definidas a partir de uma leitura do contexto. Neste sentido o caderno de memórias era fundamental e auxiliava o professor a resgatar diretrizes inicialmente definidas e momentaneamente esquecidas.

Um terceiro momento destinado ao reconhecimento do edifício como um organismo ocorre no desenvolvimento do módulo "DECOMPOSIÇÃO HIERÁRQUICA", principalmente através da confecção do "diagrama de interdependências". Nesse momento, a investigação do edifício enquanto organismo migra de uma reflexão centrada na relação estabelecida entre edifício e contexto para uma reflexão centrada na investigação de suas relações internas, principalmente estabelecidas entre seus componentes físicos.

A construção do "diagrama de interdependências" colaborou para que os alunos pudessem refletir sobre as interdependências internas do edifício e os possíveis problemas que deveriam ser solucionados para uma perfeita adequação funcional do edifício a favor de determinados requisitos de desempenho. Esses momentos de reflexão sobre as interdependências internas bem como aquele destinado às escolhas dos sistemas construtivos do edifício permitiram que as propostas se mantivessem atreladas a uma realidade construtiva.

Um quarto momento dedicado ao reconhecimento do edifício como organismo, ocorreu no desenvolvimento do módulo "O ESPAÇO ORIENTADO PELOS EVENTOS". Nesse momento a compreensão do edifício enquanto organismo migra de uma reflexão centrada na investigação das relações estabelecidas entre seus componentes físicos, para as relações estabelecidas entre os espaços arquitetônicos e os eventos ali pretendidos. Apropriando-se da teoria de Alexander sobre a linguagem dos padrões (ALEXANDER, 1981) e entendendo-se que o edifício pode ser compreendido como um padrão que acomoda outros subpadrões, buscou-se compreendê-lo como um sistema formado por um conjunto de padrões relacionados, cuja organização (ou linguagem, na visão de Alexander) estabelecesse uma identidade ao sistema a partir de um desempenho desejado.

Baseado nesse entendimento passou-se a incentivar um processo de concepção que compreende o organismo arquitetônico como promotor de eventos e situações, que incluem não somente eventos humanos, mas também mecânicos e físicos.

Durante o desenvolvimento dos projetos de paisagismo era muito comum encontrar alunos presos a uma investigação que compreende a paisagem como algo estático e apenas visual. Mas o incentivo à construção de uma "linguagem" que pudesse caracterizar o espaço arquitetônico a partir de eventos inter-relacionados contribuiu para o desenvolvimento de propostas que transcendessem o aspecto visual da paisagem, para uma investigação centrada na qualidade do espaço, não somente nos seus aspectos estético-funcionais, mas também sensoriais e perceptivos.

Por fim buscou-se trabalhar a compreensão sistêmica do edifício através da investigação do subproblema da envoltória. Desejou-se que os alunos fizessem uma reflexão crítica sobre a influência das decisões tomadas sobre a materialidade da envoltória na adequação climático-ambiental do edifício, procurando-se ressaltar o impacto de uma decisão no comportamento do edifício como um todo.

6.1.2. Auto-organização

Além do sistema "edifício" outro sistema também é investigado na evolução da disciplina: o sistema "concepção do edifício". Tal processo pode ser entendido como um sistema auto-organizado, que se desenvolve através de relações dinâmicas que envolvem continuas trocas de informação, laços de retroalimentação e evolução a partir da aprendizagem.

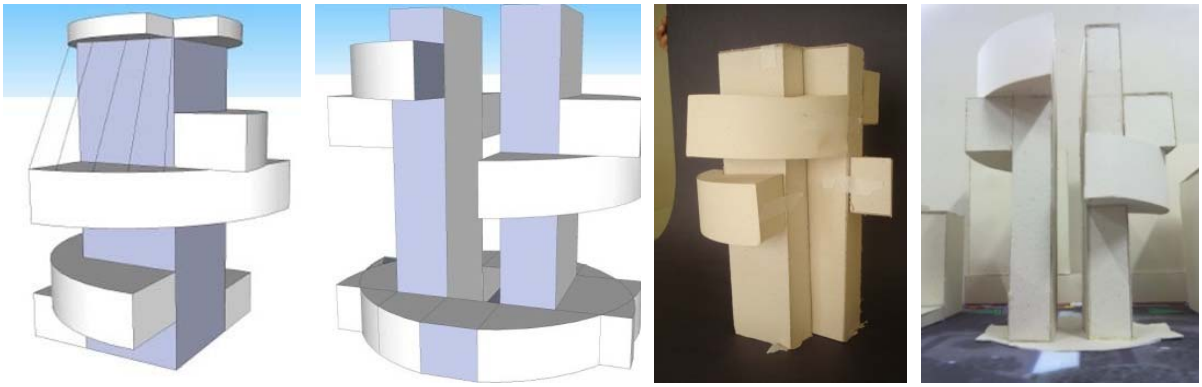
Um sistema aberto auto-organizado descreve-se através de padrões de rede e possui a capacidade de regular-se a si mesmo, se auto-organizando. Possui, portanto, uma dinâmica não linear, que se descreve através de laços de retroalimentação (CAPRA, 2006; PALAZZO, 1999). Nesse processo de se auto-organizar, o sistema pode desenvolver novos modos de comportamento, para adequar-se a um contexto, através de processos de aprendizagem e evolução.

Podem-se identificar vários sistemas auto-organizados no desenvolvimento da disciplina Ateliê III: o sistema "concepção do edifício", o sistema "aprendizado do aluno através da

concepção do edifício", o sistema "aprendizado do professor a partir do que observa durante o aprendizado do aluno".

A evolução, tanto da disciplina (em módulos), quanto do processo de concepção dos alunos, acontece a partir da entrada de novas informações. As informações podem ser internas ao sistema, quando surgem através de processos de retroação elaborados a partir da reflexão do aluno sobre o que é produzido, como também externas ao sistema, através da entrada de "novas" informações advindas do "meio". Neste caso (do sistema "aprendizado do aluno") o meio é a própria sala de aula, que incluem vários elementos: seus colegas, os professores, as ferramentas. Tanto as informações obtidas em atos de reflexão-na-ação (SCHON, 2000), quanto as informações advindas do "meio" (novos conhecimentos adquiridos a partir de pesquisa, trocas de informação com os colegas e utilização de ferramentas distintas) podem desenvolvem novos comportamentos. Assim, a cada laço de realimentação, propriedades emergentes se manifestam e podem reorganizar o processo.

Um exemplo dessa auto-organização pode ser encontrado na evolução do partido elaborado por Aghata e Diana. A dupla inicia suas investigações volumétricas e espaciais utilizando tanto a modelagem física quanto a virtual. Inicialmente, havia a preocupação de como o edifício exploraria as "visuais" do contexto (o mar, a Terceira Ponte, o Convento da Penha) e o processo de formação do edifício se desenvolvia a partir desse enfoque. A primeira volumetria concebida constituía-se em uma torre central, onde estariam dispostos escritórios e flats, respectivamente na parte inferior e na parte superior, explorando-se nos flats, as visuais mais privilegiadas, em função da altura da torre (Figura 77, modelo A). Agregadas a esta forma central, diversos módulos se encaixariam, cada um deles destinado a abrigar usos "híbridos", com atividades diversas, relacionadas à alimentação, entretenimento e afins. Em um dado momento, a dupla, porém, percebe que a área destinada ao pavimento tipo da "torre central" estava demasiadamente extensa e que seria extremamente complexo gerenciar a questão da circulação interna. Assim as alunas propõem uma separação da torre central em duas torres distintas e ampliam a base, a fim de permitir uma maior ocupação no pavimento térreo (Figura 77, modelo B). Ainda não ficam satisfeitas com a aparência "estética" da volumetria, retiram a base, testam novas "junções" das duas torres (Figura 77, modelos C e D), mas então percebem que desse modo não conseguiriam atingir o coeficiente de aproveitamento do terreno. É exatamente nesse ponto que a dupla procura orientação do professor, que toma ciência das investigações realizadas pela dupla até então.



A B C D

Figura 77 – A evolução da forma de Aghata e Diana (Fonte: autora).

O professor, por sua vez, observa as investigações realizadas pela dupla e inicia um processo de questionamento sobre como essa volumetria poderia atender as diretrizes iniciais propostas pela dupla, bem como a organização idealizada em seu diagrama "Organização"[32]. Percebia-se nitidamente que a dupla estava desenvolvendo um processo de manipulação formal do edifício desconectado das diretrizes iniciais que se propunham e incentivava-se, portanto, uma reflexão quanto à capacidade do edifício proposto de atender os objetivos definidos pela própria dupla.

As diretrizes elaboradas pela dupla, registradas em seu "caderno de memórias" resumiam-se nas seguintes:

- Valorizar os marcos e visuais do local;
- Fazer uso da iluminação e ventilação natural
- Agrupar usos mistos dentro da edificação em pontos estratégicos
- Criar conexões urbanas que interliguem o entorno, através de caminhos para pedestres.
- Promover espaços de vivência e lazer para os usuários e moradores da região para todas as faixas etárias.

O diagrama de organização desenvolvido pela dupla, por sua vez, propunha um "hall" central no qual todos os territórios se ligariam verticalmente. Este "hall" estaria conectado a uma "praça" por onde se acessariam os espaços "híbridos" do edifício também conectados ao espaço urbano.

[32] Ambos estavam registrados em seu "caderno de memórias"

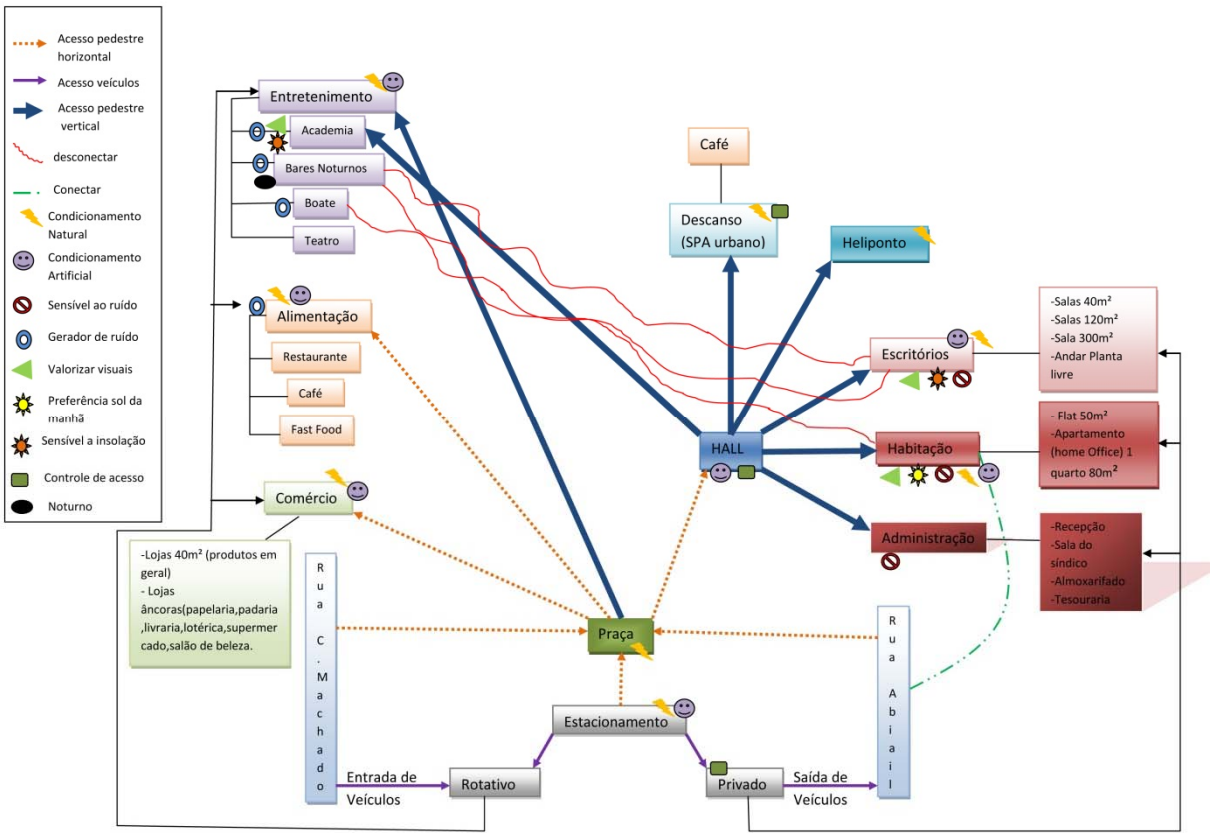


Figura 78 – Diagrama "organização" de Aghata e Diana (Fonte: autora).

Pois que, após essa orientação, a dupla continuou sua investigação, e retornou em outro momento com um partido extremamente interessante e era nítida a satisfação das alunas com o resultado encontrado. O partido reelaborado retornava à ideia inicial das alunas de uma "torre central" no qual se "agregariam" outros módulos. Porém a área de ocupação da torre foi expandida e se transformou em um grande prisma que continha um enorme átrio central, destinado à circulação vertical, à integração visual entre pavimentos e à adequação climática ambiental da proposta.

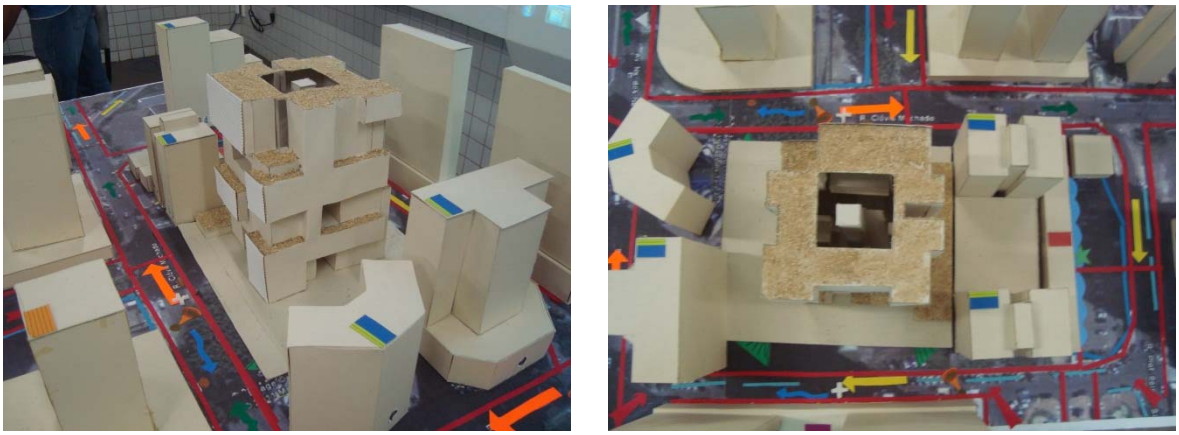


Figura 79 – Partido desenvolvido por Aghata e Diana (Fonte: autora).

Esse processo evolutivo da concepção formal é descrito pelas próprias alunas em seu blog, que refletem a mudança de olhar, em determinado momento do projeto, de uma simples manipulação formal, para uma investigação atrelada a metas e objetivos inicialmente auto-definidos.

> "O projeto do edifício iniciou-se com a proposta de criar uma edificação de impacto visual marcante para a região onde ele está inserida e que valorizasse as visuais existentes, desde então foram surgindo várias tentativas que viessem caracterizar nossas diretrizes [...] Na primeira maquete a volumetria ficou com um bloco sólido que possuía avanços de formas curvas, na tentativa de deixar esse bloco menos maçante e chegamos à conclusão que isso não ficaria viável por conta da circulação interna. Partimos então para uma segunda opção, onde cortamos esse edifício ao meio e o conectamos um ao outro por uma base maior, porém seu aspecto visual não estava harmônico, numa terceira tentativa tiramos a base e vimos que sua aparência ficou mais leve, então percebemos que eles acabaram ficando desconectados e com espaços internos pequenos para usos, partimos então para uma quarta tentativa, tiramos a base e os juntamos de forma assimétrica, mas aí percebemos que haveria necessidade de amplia-los por conta da taxa de ocupação que ainda não havia sido completada, então paramos, pensamos e resolvemos mudar radicalmente essas ideias iniciais, começamos então pensar o que realmente queríamos e por que caminho seguiríamos, qual conceito, qual partido... e assim então chegamos numa forma que nos fez resolver todas essas nossas expectativas, uma arquitetura que tivesse característica do entorno, que valoriza-se os visuais, que tivesse um conceito, que se destaca-se do entorno, que tivesse um partido e principalmente que atendesse todo o programa para um bom funcionamento da edificação"

Texto explicativo sobre a evolução da forma elaborado por Aghata e Diana. Publicado em seu blog: http://www.atelidearquitetura.blogspot.com/2011_09_01_archive.html

Nessa descrição ocorrem dois processos de auto-organização: a auto-organização do sistema "concepção do edifício" e a auto-organização do processo "aprendizado do aluno a partir da concepção do edifício". Aghata e Diana que anteriormente encontravam-se num processo de exploração da forma-espaço com um número restrito de "informações", se auto-organizam, para, a partir de novas informações - resgatadas de suas próprias diretrizes elaboradas anteriormente, e após a reflexão elaborada juntamente com o professor -, desenvolver um processo de reflexão, aprendizado e evolução. Essa evolução no aprendizado reflete-se na evolução do sistema "concepção do edifício".

Da mesma forma ocorre o sistema "aprendizado do professor a partir do que observa durante o aprendizado do aluno". Um caso interessante pode ser exemplificado, no contexto do estudo de caso, através do aprendizado do professor João.

Durante a realização do estudo de caso, era a primeira vez que João participava das orientações do Ateliê III. João era também professor da disciplina "Computação gráfica" que antecedia o Ateliê III. Ocorre que, durante a evolução da disciplina, o professor observou que precisava alterar seu método de ensino na disciplina "computação gráfica", para outro mais adequado às investigações realizadas no Ateliê. Questionado quanto a este fato, João relatou a seguinte situação: em seu método atual, elaborado para ensino do software "*Revit Architecture*", o professor se preocupava em ensinar aos alunos a utilizarem as principais ferramentas para uma modelagem de uma "construção virtual". Assim seu método concentrava-se na modelagem dos elementos "construtivos" da edificação, tais como paredes, janelas, pisos, pilares, telhados, etc. O processo de composição, elaborado através do método de ensino de João, era como um "jogo de encaixes", onde era possível, através da utilização de comandos diversos, elaborar um projeto repleto de paredes, janelas, portas, telhados, etc. Após seu primeiro mês de participação no Ateliê III, João percebeu que esta forma de ensinar a trabalhar com o software não estava adequada às investigações realizadas no Ateliê. Agora, antes de se preocupar a ensinar a modelar "elementos arquitetônicos", João queria ensinar a "gerar formas" através dos comandos de massa, e partir desses modelos de massa, transformá-los em paredes, janelas, pilares, etc. Assim o processo de formação e a posterior definição da espacialidade interna estariam interligados e os alunos poderiam compreender a contribuição da geometria parametrizada para o tratamento da complexidade formal do edifício. Pois que, após relatar esse fato, João inicia, em um momento seguinte, na disciplina "computação gráfica" esse novo "método" e retorna posteriormente ao Ateliê III surpreso com tamanha receptividade dos alunos para com as possibilidades do Revit. Mais surpreso ficou ainda João quando se iniciou durante a evolução da disciplina Ateliê III, a utilização do software VASARI nos exercícios do Ateliê. Agora o processo de formação poderia ainda contar com as simulações de desempenho que poderiam retroalimentar o próprio processo de formação.

6.1.3. Contexto e Desempenho

Os sistemas abertos caracterizam-se por uma contínua troca de energia/matéria ou informação com o ambiente. Em uma abordagem sistêmica só é possível compreender um sistema aberto se procedermos a sua contextualização, retirando o foco exclusivo no elemento e incluindo o foco nas relações desse com o contexto. **Deste modo não podemos**

compreender o sistema isolado de seu meio. **O sistema aberto é dependente do meio** (MORIN, 2007).

O edifício enquanto sistema aberto é um sistema em contínua rede de relações com o contexto. Pode-se dizer que o desempenho de um edifício é altamente contextualizado e somente pode ser considerado em um determinado **espaço-tempo**. O desempenho depende, portanto, de uma **situação-problema** existente que envolve condições sociais, econômicas, ambientais, tecnológicas e culturais, estabelecidas nesse espaço-tempo. Todas elas se modificam com relação ao espaço-tempo. O desempenho desejado é definido para a situação-problema apresentada. A investigação da situação-problema permite compreender de que forma o edifício pode contribuir para a qualidade desse contexto onde permeiam decisões arquitetônicas referentes à programação, a implantação, a espacialidade, a materialidade e os mecanismos do edifício.

No âmbito da disciplina Ateliê III a investigação da "situação-problema" da qual participa o edifício envolveu a caracterização de dois cenários: o cenário programático do edifício, que no caso, desenvolve-se a partir da caracterização do conceito "edifício híbrido"; e o cenário urbano, econômico, social e ambiental no qual o edifício se insere. Através dessas duas caracterizações, procurou-se explorar o conceito "sustentabilidade", investigando de que modo poderia o edifício participar efetivamente na dinâmica estabelecida neste contexto, contribuindo para sua qualidade.

A exploração do edifício como elemento em estreito relacionamento com o contexto, incentivado principalmente a partir das ações idealizadas pelos alunos no módulo "PROPOSIÇÃO" refletiu-se nas propostas desenvolvidas. A adequação a esse contexto se tornou diretriz de projeto e as definições do partido foram influenciadas por essa adequação.

A influência do contexto nas decisões de projeto manifestou-se tanto nas decisões referentes à implantação, quanto nas decisões referentes à volumetria e à espacialidade do edifício. No âmbito particular do experimento realizado nesse trabalho essa manifestação pôde ser percebida de maneira mais explícita através de duas situações: a configuração de uma implantação que permite certa "permeabilidade" do terreno, de forma que o complexo se torna uma extensão do espaço público existente, contribuindo assim para a sua dinâmica e

consequentemente para sua qualidade; e a adaptação climática do edifício através das escolhas referentes à implantação e à morfologia.

Na primeira situação encontraram-se diversas propostas cuja principal diretriz considerada na implantação referia-se à definição de uma “quadra aberta”, ou seja, uma ocupação “permeável” do pavimento térreo destinada a uso público, que permitia uma livre circulação para pedestres, incentivando-se uma utilização pública do espaço atrelada às atividades comerciais e de lazer.

Isso pode ser observado na proposta desenvolvida pela dupla Adriana e Valeska. A criação de uma “quadra aberta” foi incluída desde suas diretrizes iniciais de projeto e sua conceituação estava presente também na própria descrição do partido elaborada pela dupla conforme as Figura 80 e Figura 81.

“DIRETRIZES DE PROJETO:

Criação de passeios agradáveis, com vegetação apropriada, sombreamento e acesso às duas ruas do local, aumentando assim o fluxo de pessoas.

Quadra Aberta: Segundo Cristian de Portzamparc a “quadra aberta” permite reinventar a rua: legível e ao mesmo tempo realçada por aberturas visuais e pela luz do sol. Os objetos continuam sempre autônomos, mas ligados entre eles por regras que compõe o vazio e alinhamentos parciais. Formas individuais e formas coletivas coexistem, uma arquitetura moderna, isto é, uma arquitetura relativamente livre de convenção, de volumetria, de modenatura, pode desabrochar sem ser contida por um exercício de fachada imposto entre duas fachadas contíguas”. (livro: A Terceira Era da Cidade).”

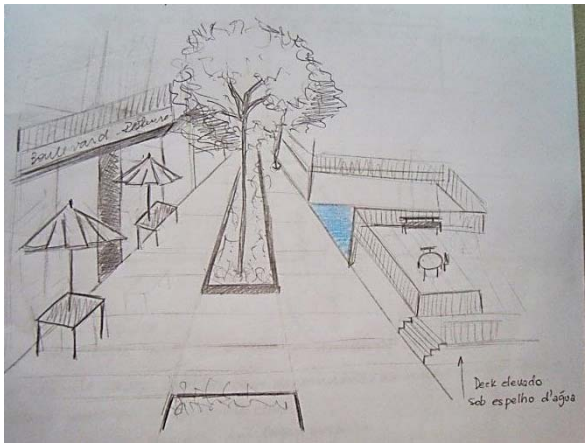


Figura 80 - Diretrizes projetuais de Adriana e Valeska – quadra aberta (Fonte: autora).

“PARTIDO ARQUITETÔNICO:

O Partido Arquitetônico se desenvolveu por dois elementos essenciais à ocupação do terreno: a “QUADRA ABERTA” ou rua projetada e as torres em POSITIVO e NEGATIVO. Foi prioridade o conforto dos ocupantes de forma passiva, minimizando o uso da iluminação artificial. A edificação tem suas maiores fachadas orientadas a norte e sul para reduzir a exposição excessiva ao sol. O projeto desenha dois eixos de conexão entre as ruas paralelas ao terreno, estabelecendo com esta ação o aumento de pessoas no local. As torres serão implantadas em vetores opostos e recuados para assim ter um melhor aproveitamento da ventilação e das visuais. A ligação entre elas será por passarelas “vivas” articulando as múltiplas funções do Edifício. Em frente à Rua Clóvis Machado será construída uma praça servindo de espaço de encontro e espaço de estar, acolhe o livre uso do frequentador, em seus bancos e múltiplas áreas de permanência. Esta combinação de fatores funcionou como elemento estruturador do projeto, regendo áreas para composição dos volumes, adequação de equipamentos, fluxos e sua setorização.”

Texto escrito por Adriana e Valeska no caderno de memórias e publicado em sue blog:

http://arquittetando.blogspot.com/

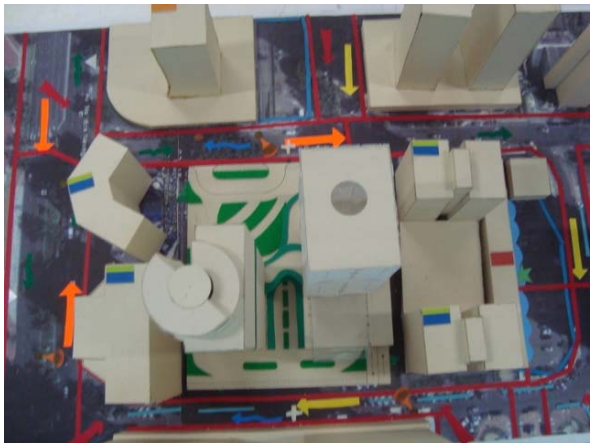


Figura 81 – Partido desenvolvido por Adriana e Valeska no módulo “ORGANIZAÇÃO E PARTIDO” (Fonte: autora).

As propostas de Arthur e Wanderley, Anna e Junior, Carol e Yasmim, seguiram uma mesma lógica e possuíam semelhanças na implantação.

A implantação de Arthur e Wanderley se desenvolveu a partir da localização de duas torres distintas, destinadas ao uso corporativo e residencial, configurando entre elas uma ampla praça urbana, onde estão localizados usos diversos, como restaurantes, lojas, entretenimento, entre outros. Assim, o interior do terreno se tornou uma “rua” para pedestres, convidando o transeunte a um passeio pelo complexo, o que possibilita também diminuir distâncias entre percursos estabelecidos pelo bairro. As duas torres foram ainda conectadas por uma ampla “laje verde” que permitia uma integração entre os pavimentos das torres destinados a usos comuns, e provia áreas sombreadas para esta praça.

"[...] Como o terreno possui duas frentes, o edifício poderá ser acessado por ambas as ruas, criando um corredor de circulação de pedestres pela praça central entre as torres, favorecendo a integração dos usuários e comercio local".

Arthur e Wanderley

na conceituação do partido.

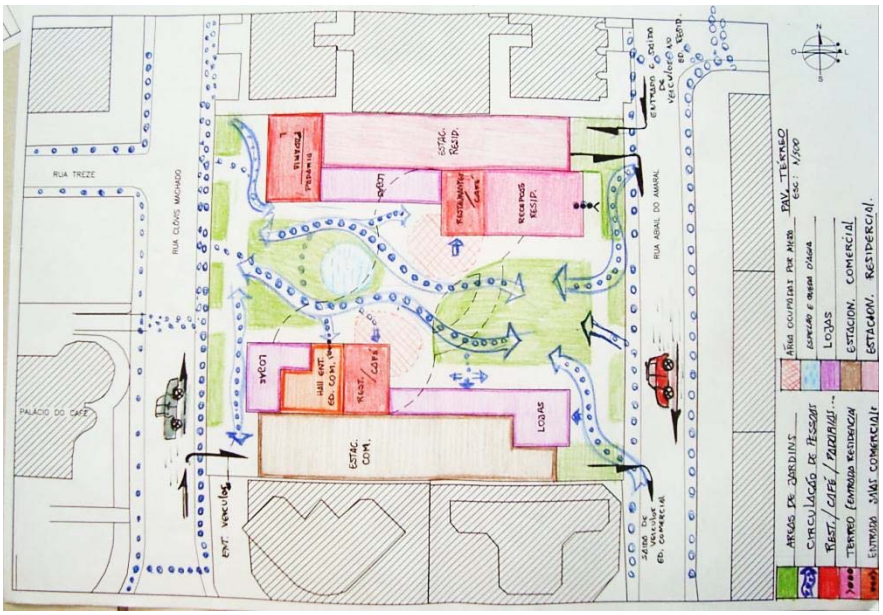


Figura 82 – A implantação de Arthur e Wanderley (Fonte: autora).

Esta dinâmica estabelecida na praça central foi posteriormente investigada pela dupla no módulo "ESPAÇO ORIENTADO PELOS EVENTOS" onde puderam elaborar uma definição pormenorizada dos usos, buscando aprofundar a relação entre os usos estabelecidos, a dinâmica urbana existente e os eventos pretendidos.

Na proposta de Arthur e Wanderley, a preocupação com a contribuição do edifício para a dinâmica urbana estava atrelada à preocupação com a adequação climática da proposta, refletida tanto nas decisões que envolvem a implantação como nas decisões formais. A dupla opta por uma ocupação longitudinal do terreno, de forma que as maiores faces da torre estavam direcionadas a Norte e a Sul. Na face Norte, a dupla prevê o posicionamento de uma "segunda pele" para a envoltória, objetivando a proteção solar desta fachada, e um maior isolamento térmico.

Figura 83 – A "quadra aberta" de Arthur e Wanderley. Acima maquete desenvolvida na elaboração do partido. Abaixo modelo elaborado pelos alunos no software *Revit Architecture* (Fonte: autora).

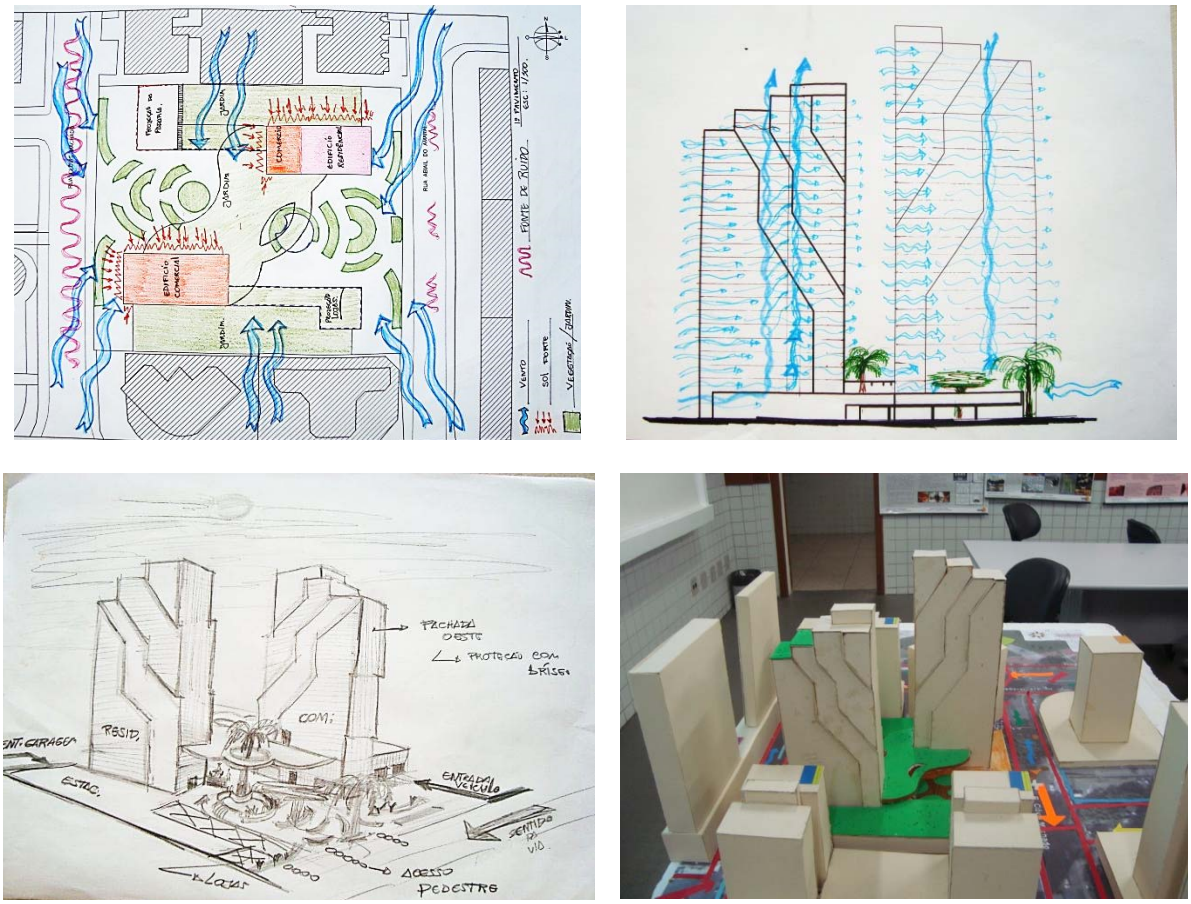
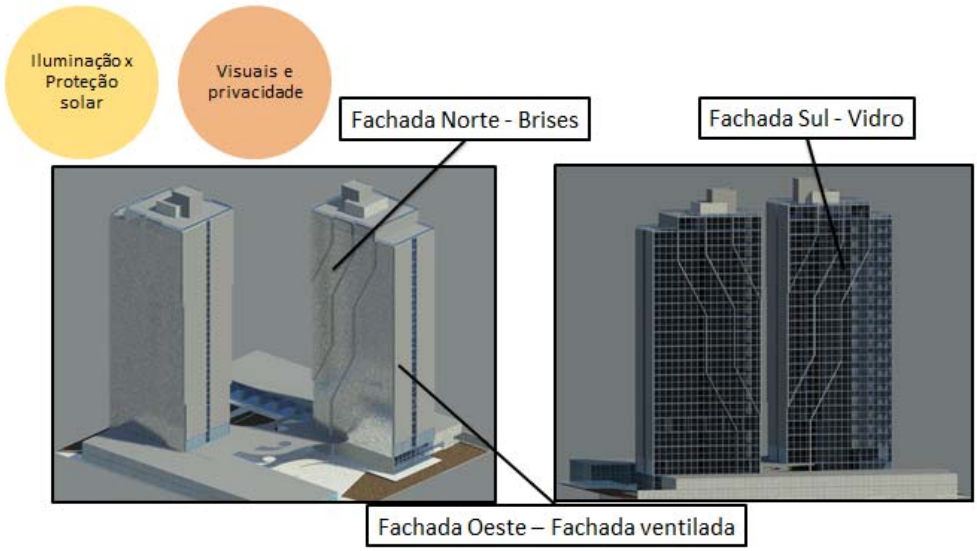
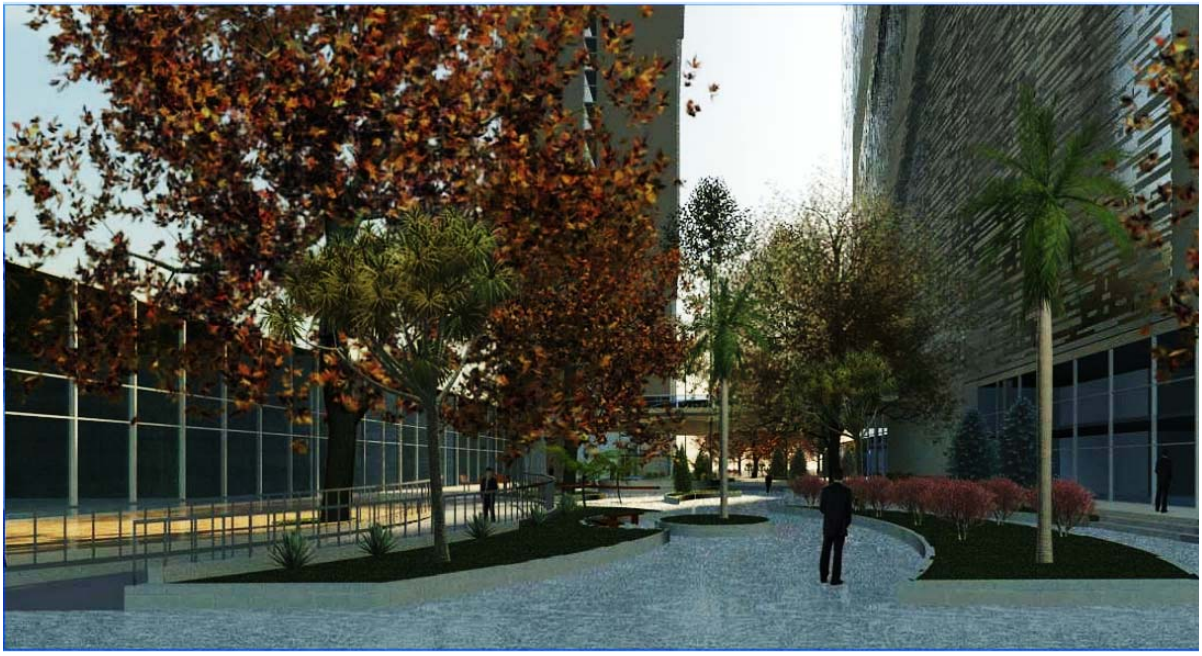


Figura 84 – Croquis e Maquete elaborados por Arthur e Wanderley, durante o desenvolvimento do partido, que apresentam a preocupação da dupla com a adequação climática do edifício (Fonte: autora).

Estas investigações da dupla sobre o desempenho climático do edifício evoluíram no módulo "A ENVOLTORIA A PARTIR DO DESEMPENHO" onde investigaram a composição desta "segunda pele". Decidem pela composição de uma malha metálica, na qual insere uma composição de aberturas definidas a partir de um "padrão", que permitiu reduzir a quantidade de radiação solar recebida, enquanto possibilitava a visão para o exterior.



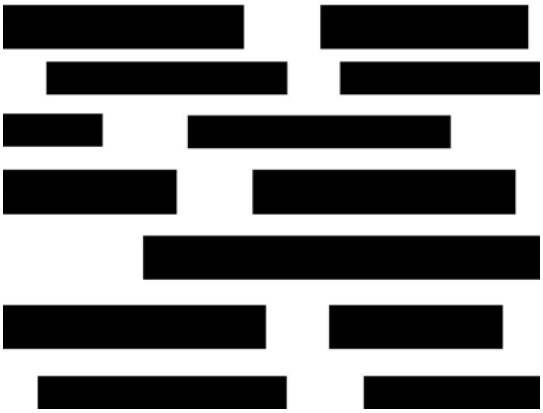
COMPOSIÇÃO DA ENVOLTÓRIA



VISTA DA "SEGUNDA PELE" A PARTIR DA PRAÇA.

Figura 85 – Elaboração da "segunda pele" do edifício de Arthur e Wanderley. Acima diagrama que relaciona os materiais de composição de cada fachada. Abaixo a visão da malha metálica a partir do "olhar" do pedestre situado na rua interna do complexo (Fonte: autora).

As aberturas da malha definidas para a "segunda pele" foram projetadas a partir de um "padrão" elaborado pelos alunos. Este padrão, inserido no modelo *Revit*, pôde ter suas dimensões controladas parametricamente enquanto se avaliava uma possível combinação entre desempenho quanto à proteção solar e visibilidade para o exterior (Figura 86).

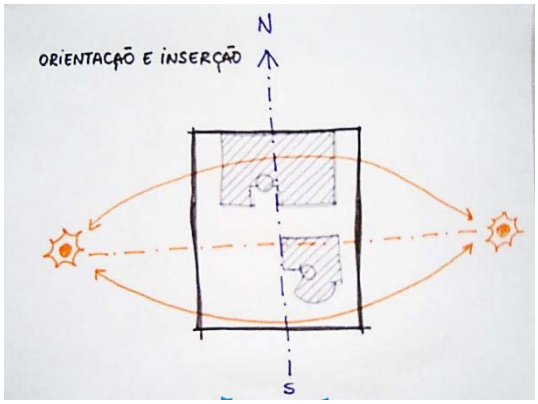


“PADRÃO” DE ABERTURAS DA MALHA METÁLICA, PRODUZIDO PELOS ALUNOS

VISTA INTERNA APÓS A INSERÇÃO DO PADRÃO DE ABERTURAS NA COMPOSIÇÃO DA ENVOLTÓRIA.

Figura 86 – Investigações sobre a abertura dos furos da malha metálica (Fonte: autora).

Preocupações similares a respeito da adequação ambiental da proposta foi desenvolvida pelas alunas Adriana e Valeska. A solução de “fachada dupla ventilada” é também explorada na proposta da dupla, que também procuraram refletir sobre a combinação existente entre a orientação solar do complexo e as escolhas materiais da envoltória.



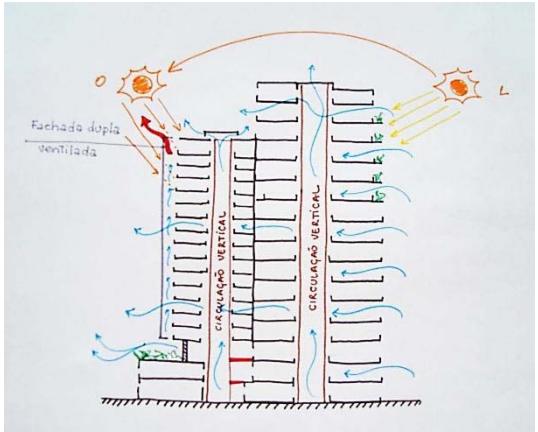


Figura 87 – Croquis, maquete física e virtual desenvolvida por Adriana e Valeska (Fonte: autora).

Propostas semelhantes que também exploraram o conceito de “quadra aberta” foram desenvolvidas por outras duplas, como Talita e Diogo, Junior e Anna.

Talita e Diogo extrapolam o conceito de “quadra aberta” para diferentes níveis do complexo, propondo áreas públicas agregadas a usos comerciais em níveis distintos, promovendo uma conexão entre os usos “híbridos” das torres (Figura 88).

“Nosso conceito parte do formato retangular do terreno, criamos duas torres formadas por volumes empilhados, rotacionados, que dão ao edifício uma aparência diferente dependendo do ângulo do observador. Desde o inicio pensamos na fluidez dos espaços, sendo assim utilizamos o terreno como acesso para as duas ruas locais gerando maior fluxo de pessoas”.

Texto retirado do blog de Talita e Diogo:

http://talitaediogoarquitetura.blogspot.com/2011_09_01_archive.html

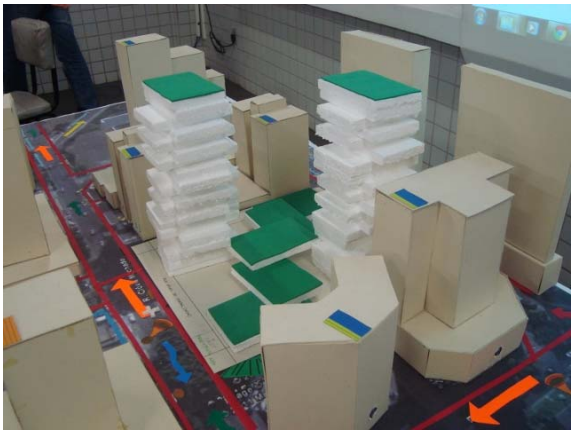


Figura 88 – A proposta de Talita e Diogo. Acima maquete inicial desenvolvida durante a elaboração do partido. Abaixo modelo virtual produzido no software *Revit Architecture* (Fonte: autora).

Na proposta desenvolvida por essa dupla, a volumetria dinâmica da fachada surgiu a partir de uma procura pela adequação climática da proposta, onde foram trabalhados cheios e vazios, através de avanços ajardinados que funcionaram como áreas de “amortecimento” de calor. As varandas provenientes do “rotacionamento” da forma foram definidas de maneira que sua profundidade fosse suficiente para garantir a proteção solar interna (Figura 89).

Figura 89 – A envoltória proposta por Talita e Diogo. Corpo da torre “rotacionado” e varandas ajardinadas promovem a dinâmica da fachada e zonas de “amortecimento” de calor

Enquanto as propostas anteriores exploravam a fragmentação da forma, outra relação entre forma e implantação foi explorada pelas alunas Diana e Aghata. A dupla trabalhou a compacidade da forma, desenvolvendo uma torre única, porém, também permeável no térreo à circulação de pedestres. No grande átrio central dessa torre exploraram tanto a visibilidade e a integração entre os pavimentos, como também o efeito "chaminé" para a circulação de ar no interior do edifício. Comunicando-se com este átrio, diversas outras aberturas foram inseridas na torre, em andares distintos, possibilitando uma permeabilidade do edifício à circulação de ar do espaço urbano.

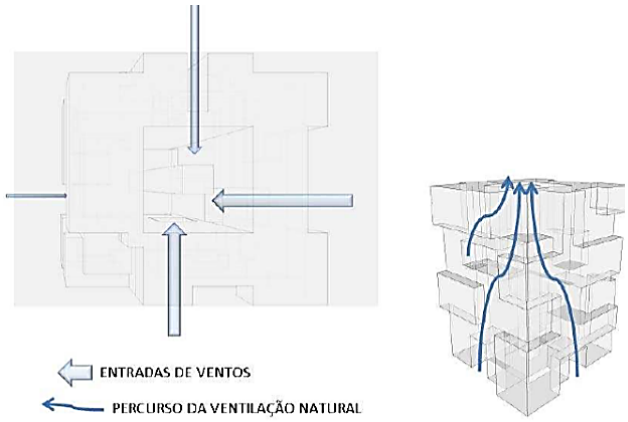
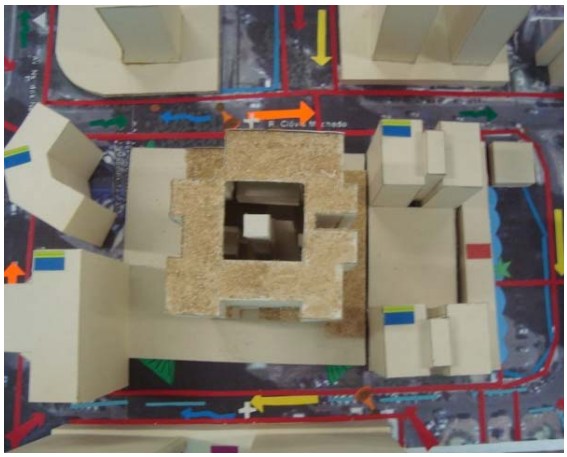


DIAGRAMA DE VENTILAÇÃO



IMPLANTAÇÃO

ENVOLTÓRIA

ATRIO

Figura 90- A envoltória "permeável" de Aghata e Diana (Fonte: autora).

A contribuição dessas aberturas para a fluidez da ventilação no espaço urbano pôde ser testada nas simulações realizadas no VASARI. Na simulação a dupla pôde comprovar a contribuição das aberturas projetadas para a dinâmica da ventilação do espaço urbano. O edifício proposto, ao contrário dos demais existentes no entorno, não se configura como uma massa "opaca" à circulação de ar. É possível perceber na simulação um "corredor" de ventilação (gradação vermelha) ocorrendo internamente ao edifício, permitido pelas aberturas da envoltória.

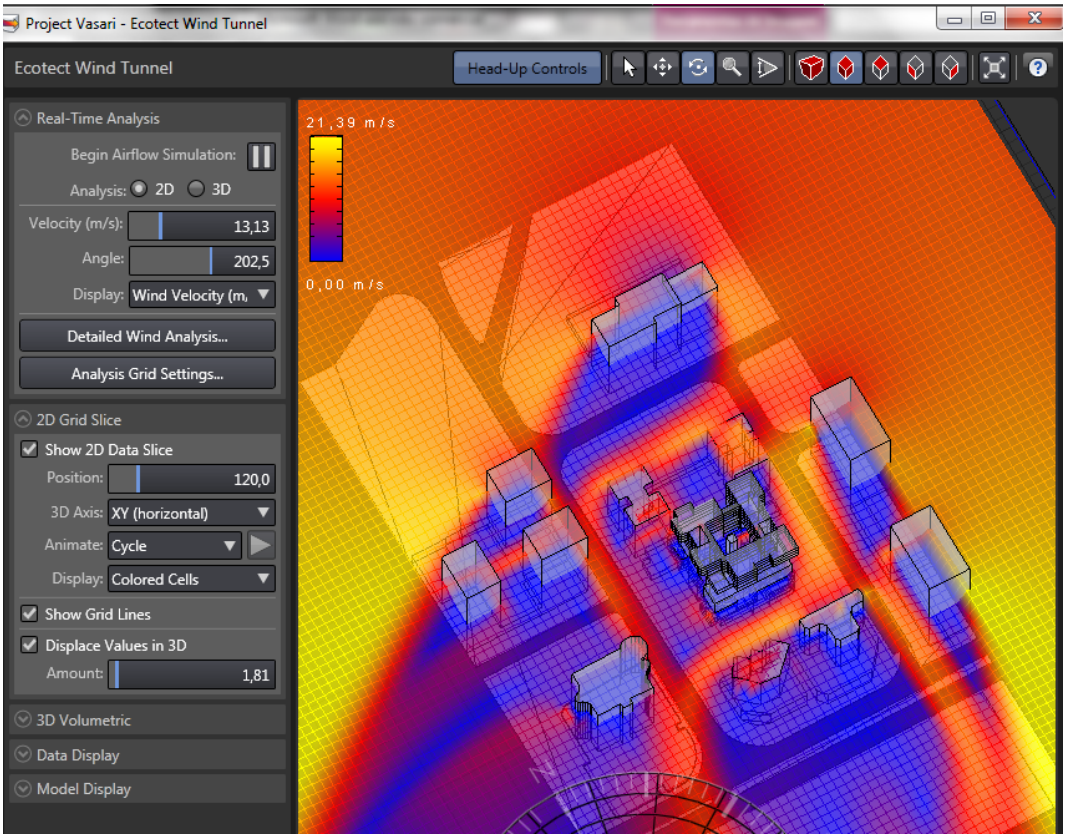


Figura 91 – Simulação realizada no VASARI pelas alunas para avaliar a adequação da proposta quanto à ventilação natural (Fonte: autora).

O processo de concepção acima descrito representa o processo evolutivo altamente mediado, desejado pelo método proposto. Definições iniciais de partido puderam ser gradativamente testadas e retroalimentadas a partir da entrada de novas informações e da concentração de esforços na resolução de determinados subproblemas de projeto. A evolução conceptiva dos projetos ocorria gradualmente, a partir da introdução de novos conteúdos e novos requisitos de desempenho, inseridos ao longo do processo e investigados pelos alunos em suas propostas.

A contextualização foi também explorada nas escolhas programáticas do edifício. As definições sobre os tipos de usos que deveriam ser incorporados ao edifício foram elaboradas pelos próprios alunos e deveriam estar relacionadas ao potencial econômico do contexto, bem como à adequação dos usos ao contexto do próprio edifício.

Durantes as investigações realizadas pelos alunos sobre o contexto programático do edifício, incentivava-se uma reflexão sobre a adequação econômica da proposta. Buscava-se definir quem eram os potenciais "usuários" do edifício híbrido e que tipos de necessidades esses usuários possuíam. Essa preocupação pode ser identificada na justificativa elaborada por Adriana e Valeska para a escolha programática de sua proposta.

> "A implantação foi pensada com o propósito de promover um espaço onde se ministra o trabalho e o lazer. O projeto procurou tornar o espaço mais convidativo oferecendo além de escritórios e residências, comércio, serviços e área verde de convívio. Esta área, composta por praça, espelho d'água, área de descanso e árvores de copa alta, além de criar microclima externo mais ameno, filtra a incidência solar, que atinge as fachadas de maior incidência solar. É possível acessar os edifícios pelas duas ruas devido às ruas projetadas para pedestres. Criação de uma rua só para pedestres com vazios e alinhamentos parciais. O "Boulevard" com lojas, cafés, restaurantes e livraria é convidativo a um agradável passeio a céu aberto, happy hours com os amigos e entretenimento nos finais de semana. Ao contrário dos shopping centers que são isolados, as "ruas de compras" são conectadas ao tecido urbano e conveniente para pessoas que andam. [...] Espaços infantil integrado com espaço de adulto, proporciona maior conforto aos pais, e segurança para as crianças."

Texto retirado do blog de Adriana e Valeska: http://arquittetando.blogspot.com/

6.1.4. Hierarquia, emergência e retroalimentação.

O método de ensino investigado procurou explorar o processo de concepção como um processo evolutivo, onde a concepção projetual evoluía a partir da entrada de novas informações. O processo de projeto desenvolvido na experimentação partiu de uma concepção geral do edifício para sua posterior hierarquização em subproblemas de projeto, procurando-se explorar as relações de interdependências entras as partes e o todo na concepção arquitetônica, em busca de metas de desempenho. Desejava-se que esse processo de concepção evolutivo contribuísse para o entendimento da organização do edifício, ou seja, para a compreensão da rede de relacionamentos que o compunha e que por sua vez poderia contribuir para o seu desempenho. Desejava-se ainda permitir que os alunos pudessem compreender o impacto de uma nova informação no processo de projeto, ressaltando o papel do próprio processo como formador de conhecimento.

Para tratar a complexidade organizacional do edifício, compreendeu-se que um poderoso recurso pode ser encontrado na sua decomposição hierárquica. Compreendendo o edifício como um sistema que acomoda subsistemas que, por sua vez, acomodam outros subsistemas, pretendeu-se investigar uma evolução conceptiva e um entendimento do edifício a partir dessa decomposição.

Na decomposição hierárquica, exploraram-se constantemente processos de retroalimentação, ao longo da concepção. Durante o processo, as alternativas produzidas eram analisadas, considerando-se diversos requerimentos, e as respostas obtidas poderiam retornar ao processo inicial se tornando "causas" para novas alternativas. Assim desejava-se que o aluno elaborasse escolhas a partir das alternativas produzidas e que cada escolha alimentasse um novo processo que caminha rumo à solução final.

É a partir dessas considerações que se desenvolve, na experimentação pedagógica, um processo de concepção **evolutivo** que procurou explorar as relações de interdependências entre as partes e o todo na composição arquitetônica. Reconheceu-se, portanto, que a decomposição hierárquica se revela como uma poderosa ferramenta para a compreensão das interdependências existentes entre os subsistemas do edifício, que por sua vez auxiliaria a compreensão de sua organização e a composição de sua estrutura. As redes de relações investigadas procuraram relacionar elementos físicos do espaço a eventos desejados e o desempenho esperado. Por sua vez, o estabelecimento destas redes de relações era exclusivo à situação-problema do projeto (contexto urbano, ambiental, social e cultural no qual o edifício se insere) e do contexto programático investigado, no caso o "edifício híbrido".

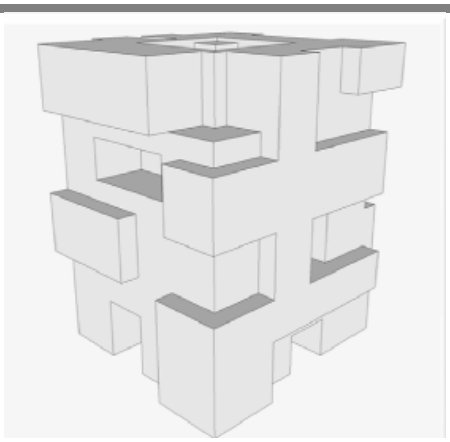
No âmbito da disciplina explorou-se uma decomposição hierárquica através de três dimensões: a decomposição do edifício que procurava relacionar a espacialidade com suas necessidades funcionais e sua adequação ambiental, incluindo escolhas relacionadas à materialidade do edifício; a decomposição hierárquica que procurava explorar a composição da espacialidade a partir da relação espaço x evento; a decomposição hierárquica que tratava de investigar a concepção da envoltória baseada no desempenho.

Através desse processo de decomposição do problema de projeto em subproblemas a concepção evoluiu a partir da entrada de novas informações. Estas novas informações poderiam se configurar como informações externas ao processo - quando surgiam a partir de

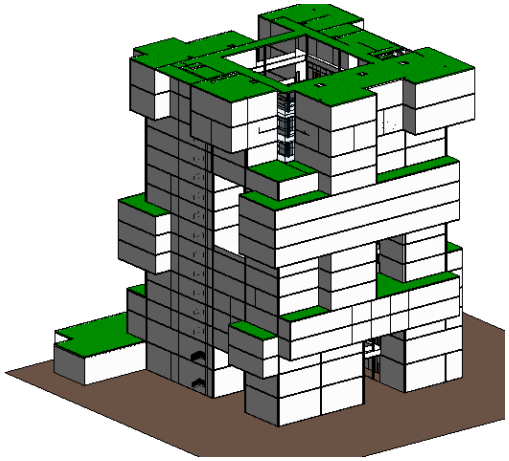
novos conhecimentos adquiridos pelos alunos no decorrer das aulas - e poderiam se configurar como informações internas ao processo, quando surgiam a partir de retroalimentações incentivadas pelas observações dos próprios alunos e aprendizado a partir daquilo que era concebido.

Esse processo pode ser exemplificado através de evolução da concepção do edifício elaborada por Aghata e Diana. O modelo 1 e 2 (Figura 92) apresenta a concepção inicial do partido, desenvolvido tanto através da modelagem física, quanto da modelagem digital. Neste momento as definições quanto à espacialidade interna eram genéricas e incluíam apenas uma setorização geral, acessos e percursos (Figura 95 – diagrama 01). O modelo posteriormente foi gerado no *Revit* (Figura 92, modelo 3), onde foi desenvolvida, com maior detalhe a espacialidade interna. Nesse momento o modelo sofre deformações para acomodar requerimentos internos que ainda não haviam sido atendidos no modelo inicial: ampliaram-se o número de elevadores, acomodaram-se as escadas de emergência, trabalharam-se a racionalização construtiva, modulando-se os vãos estruturais (Figura 95 – planta 01 e 02). O processo de concepção envolvia decisões bi e tridimensionais, relacionadas à espacialidade interna e a composição formal. O processo de trabalho na espacialidade interna e na composição formal do edifício ocorria de um modo extremamente dinâmico e interativo, possibilitado pela geometria parametrizada. Alterações elaboradas em planta podiam ser facilmente verificadas na volumetria e vice-versa. Nesse processo, o modelo pôde ainda ser simulado no VASARI para avaliar o desempenho termo-energético (Figura 92, modelo 4). As respostas obtidas na simulação alimentaram novamente o processo de concepção e auxiliou as escolhas referentes à composição da envoltória. O modelo elaborado no Revit recebeu então aberturas, revestimentos e elementos de proteção solar. (Figura 92, modelo 5). Nessa escolha, diversas opções foram investigadas à procura do melhor desempenho e o processo de decisão envolvia não somente decisões objetivas, mas também um forte julgamento subjetivo, principalmente relacionado à estética do produto final (Figura 94). As alterações elaboradas na envoltória foram então testadas novamente na espacialidade interna (Figura 93), onde se desenvolveram simulações de penetração solar, para avaliar o desempenho dos elementos de proteção solar. Uma vez definidos os materiais de composição, a envoltória foi finalizada e imagens finais foram produzidas (Figura 92, modelo 6).

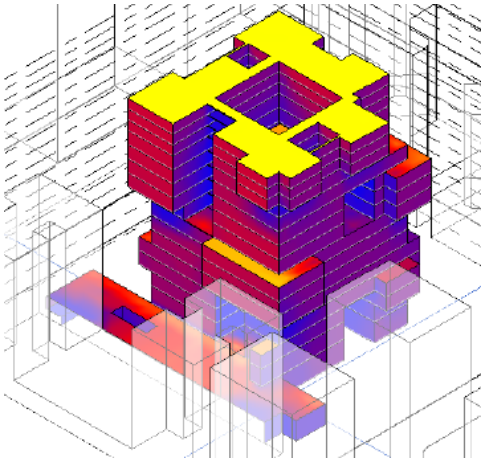
MODELO 1



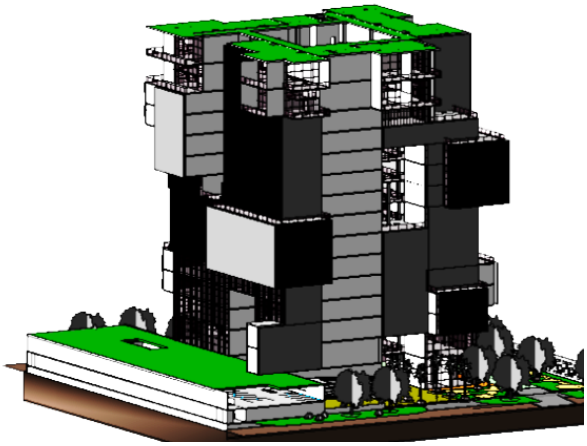
MODELO 2



MODELO 3



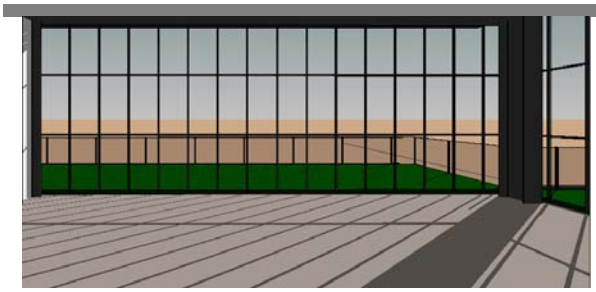
MODELO 4



MODELO 5

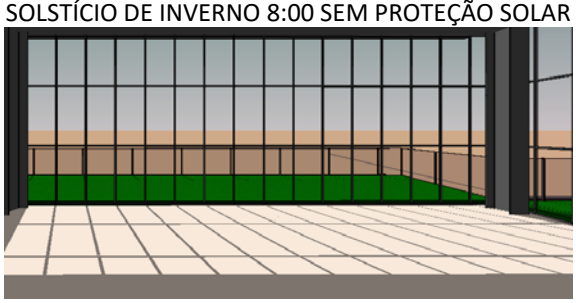
MODELO 6

Figura 92 – A evolução da concepção projetual de Aghata e Diana (Fonte: autora).



SOLSTÍCIO DE INVERNO 8:00 SEM PROTEÇÃO SOLAR

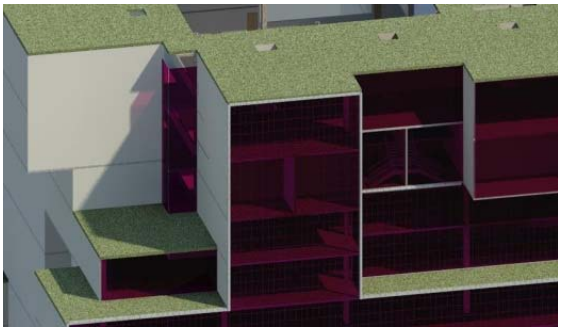
SOLSTÍCIO DE VERÃO 8:00 COM PROTEÇÃO SOLAR.



SOLSTICIO DE INVERNO 12:00 SEM PROTEÇÃO SOLAR

SOLSTICIO DE INVERNO 12:00 COM PROTEÇÃO SOLAR

Figura 93 – Estudo sobre o desempenho do elemento de proteção solar na fachada norte, realizado pelas alunas Aghata e Diana (Fonte: autora).



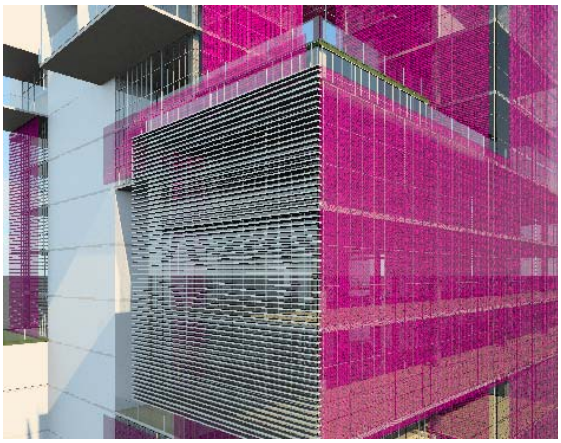


Figura 94 – Processo de escolha dos materiais de composição elaborado por Aghata e Diana durante a concepção da envoltória (Fonte: autora).

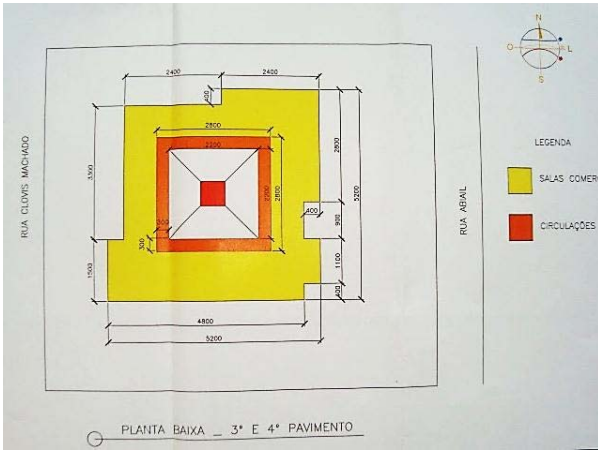


DIAGRAMA 01

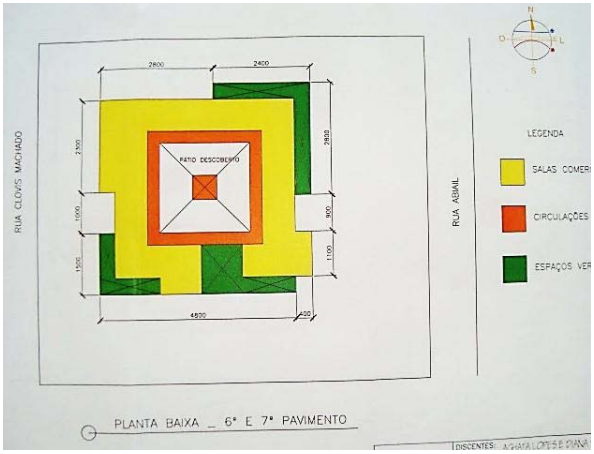
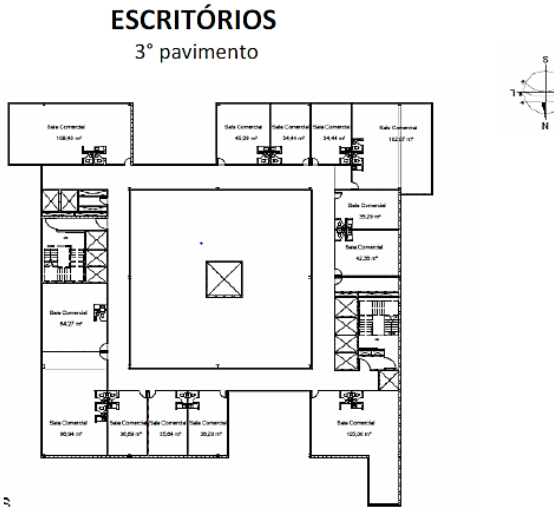
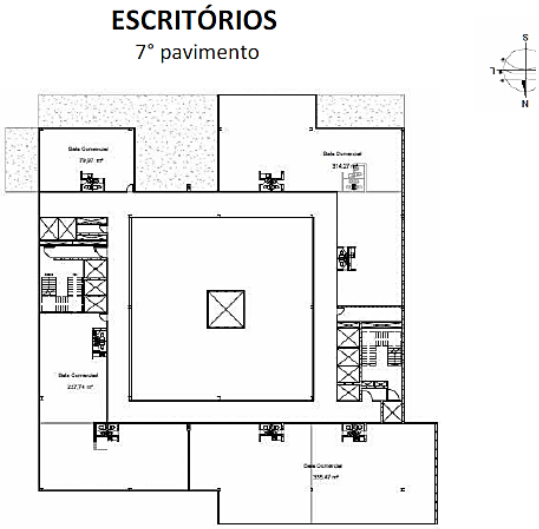


DIAGRAMA 02



PLANTA 01



PLANTA 02

Figura 95 – Evolução da espacialidade interna do território "escritórios" do edifício projetado por Aghata e Diana. Acima: diagramas iniciais das plantas baixas. Abaixo: as plantas baixas com maior definição espacial (Fonte: autora).

6.1.5. Subjetividade

OXMAN (2008a), ao discursar sobre métodos de projeto-baseado-no-desempenho afirma que neste caso o desempenho é **determinante** na criação da forma. Para Oxman, neste método, a forma não é manipulada pelas habilidades e **preferências** do próprio projetista, mas **resultante do próprio processo** (grifo nosso).

> "É o potencial de uma integração com o processo de simulação avaliativa com os modelos digitais de 'geração da forma' e 'modificação da forma' que está implícito no termo *Performative Design*. O termo também implica que o desempenho pode tornar-se o determinante e o método para a criação da forma arquitetônica. Em tais circunstâncias o projeto digital diverge do paradigma de projeto no qual as

> habilidades de manipulação da forma e as preferências do projetista controlam externamente o processo para outro no qual o projeto é informado por processos internos de avaliação e simulação" (OXMAN, 2008a, tradução nossa).

Pode-se dizer que tal processo descrito pela autora preocupa-se com a objetividade da concepção projetual, de forma que as decisões sobre a composição do objeto estejam baseadas ao atendimento de metas de desempenho. Oxman, portanto, argumenta sobre processos menos subjetivos, baseados no conhecimento explícito e não implícito, como aqueles pretendidos pela primeira geração da pesquisa sobre métodos de projeto, porém agora altamente mediado pela ferramenta digital.

É fato, porém, que o processo de projeto é um sistema construído e gerenciado pelo projetista, que **toma decisões**. Desde os estudos da cibernética de segunda ordem, que estabelecessem como central o papel do observador na modelagem do sistema, entende-se que a construção do sistema é mediada pelas representações mentais daquele que o constrói. Há assim, portanto, um reconhecimento de que impossível excluir a subjetividade do processo, ainda que se busque por processos mais racionais, como, por exemplo, os processos de projeto baseados no desempenho.

Mesmo em processos de formação altamente mediados, como, por exemplo, aqueles que utilizam algoritmos genéticos - onde a forma não é manipulada diretamente pelo projetista, mas decorrente de uma construção digital de padrões que "geram" a forma, através de regras pré-estabelecidas - é fato também que quem determina esses padrões e as próprias regras é aquele que modela o sistema. Mesmo Oxman (2008a) assume esse papel central do projetista em processos de projeto-baseado-no-desempenho.

O sistema, portanto, não é algo externo àquele que o observa. O observador participa do sistema e esse somente pode existir no momento em que o observador escolhe o que incluir ou não incluir na caracterização desse sistema (as metas de desempenho, por exemplo). Reconhece-se, portanto, que o sistema de projeto é um sistema social (HEYLIGHEN; JOSLYN, 2001 in MEYERS, 2001).

Mesmo em processos que se definem como mais racionais, que procuram por uma maior objetividade das soluções, uma forte decisão subjetiva pode estar presente na escolha entre as alternativas possíveis. Ao se afirmar que existem várias soluções para um mesmo problema, a escolha entre as várias soluções pode incluir decisões subjetivas, e podem estar relacionadas

às preferências e à visão de mundo daquele que decide. No caso da arquitetura, processos de formação envolvem decisões subjetivas, relacionadas, por exemplo, à estética do produto final.

Sequeira (2007), ao discursar sobre uma possível tendência por uma substituição da capacidade criativa humana pela "programação de processos", possibilitado pelo "processamento algoritmo de concepção" reflete que excluir decisões subjetivas no processo do projeto, seria como excluir a capacidade imaginativa e criadora humana.

Muitos trabalhos publicados pela terceira geração da pesquisa sobre métodos de projeto, como aquele realizado por Dark (1984) vêm afirmar a subjetividade do processo de concepção do projeto, que se revela de formas diversas, tais como os "geradores primários".

A busca pela racionalidade do processo somente pode existir através do que Simon descreve como "racionalidade limitada" uma vez que o processo de decisão humano é "limitado" pelas suas estruturas cognitivas, que incluem preferências pessoais e a dificuldade em gerenciar um grande número de informações (SIMON, 1997).

Nas investigações realizadas na disciplina, apesar de um incentivo para uma concepção projetual que compreenda o edifício como uma interface entre seus requerimentos internos e sua adaptação a um contexto, buscando-se o desenvolvimento de uma forma-espaço direcionada a uma organização pretendida e atrelada a metas de desempenho, é nítido que as escolhas dos alunos envolveram muitas decisões subjetivas. A própria definição das diretrizes projetuais, elaborada a partir da "leitura" do contexto, envolveu um processo de julgamento por parte do aluno, sobre aquilo que considera relevante para si. O atendimento às metas de desempenho recebeu sempre um peso diferenciado para um ou outro aluno, conforme sua própria visão de mundo.

O professor, porém, procurava incentivar os alunos a se libertem de preconceitos iniciais, o que possibilitava a investigação de novas situações. Buscava-se uma objetividade atrelada à capacidade imaginativa e criativa do aluno, que não deveria ser "minada" por seus próprios preconceitos. Por exemplo, quando Diana e Aghata "decidiram" (subjetivamente) que seu partido se desenvolveria a partir de uma forma prismática, na qual se agregariam outros elementos destinados a usos híbridos distintos, o professor questionou como esta decisão "subjetiva" e surgida na "caixa preta" poderia se tornar mais "transparente" e mais

argumentada, na medida em que a dupla investigasse de que modo esta “ideia” colaborava para o atendimento das diretrizes e da organização elaboradas pela própria dupla. Trata-se de um processo que procura aliar a capacidade inventiva dos alunos, com a objetividade da adequação do edifício ao atendimento de certos requerimentos e certas metas de desempenho, relacionados à sua própria organização interna e sua adaptação a um contexto, de forma que o edifício possa colaborar para estas duas dinâmicas, revelando-se como uma interface entre ambos.

6.2. A contribuição das ferramentas para a abordagem sistêmica do projeto

Procurou-se investigar também, durante a experimentação, de que forma as ferramentas utilizadas na experimentação pedagógica, contribuíram para uma abordagem sistêmica do processo de projeto. Durante o desenvolvimento das propostas os alunos utilizaram ferramentas variadas: mapas conceituais, diagramas, croquis, maquete física, maquete virtual.

A confecção dos mapas conceituais mostrou-se bastante interessante para o conhecimento dos professores de como os “conceitos chaves” investigados a partir da leitura de textos pertinentes foram assimilados pelos alunos. A construção dos mapas revelou como a assimilação do conteúdo ocorria de forma diferenciada e como cada aluno estabelecia seu próprio grau de relevância para determinados conceitos.

Quando questionados sobre a aplicação dos mapas conceituais os alunos em sua maioria foram bastante receptivos e comentaram que através da construção dos mapas absorveram com maior profundidade o conteúdo de um texto e puderam ainda ter a oportunidade de consultar o professor para debater conceitos não compreendidos.

Nos questionários de avaliação da disciplina, os alunos, em sua maioria, relataram que o exercício com os mapas, apesar de complexo, se mostrou importante para o entendimento do assunto, porque para desenvolver o mapa, precisaram compreender os conceitos centrais abordados pelo texto e organizá-los, procurando as relações estabelecidas entre eles.

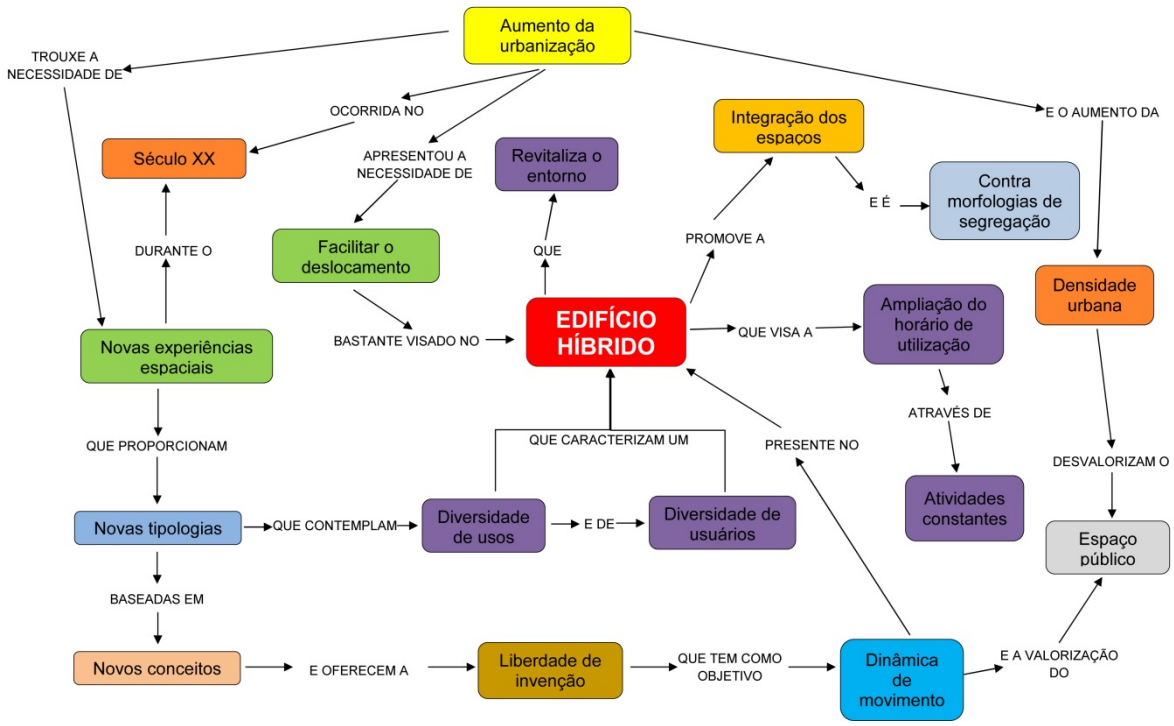


Figura 96 – Mapa conceitual "edifício híbrido" elaborado por Camila e Gabriela (Fonte: autora).

Durante o desenvolvimento do módulo "ORGANIZAÇÃO E PARTIDO", quando as propostas foram efetivamente concretizadas, utilizou-se extensivamente o recurso da modelagem física e da modelagem virtual. Os softwares utilizados pelos alunos foram o *Sketchup* e o *Revit Architecture*, de acordo com a familiaridade de cada um com as ferramentas. Incentivava-se, porém, a utilização do *Revit Architecture,* uma vez que, por se tratar de um software BIM, possibilitaria a continuidade do desenvolvimento do projeto após a definição do partido, através de uma interação dinâmica entre desenhos bi e tridimensionais, bem como o gerenciamento de informações sobre o modelo. Tanto o modelo físico, quanto o modelo virtual foram inseridos no mapa tridimensional do entorno e na maquete virtual do entorno respectivamente, para análises e discussões em sala de aula. O modelo virtual foi também utilizado para análises de insolação, sombreamentos e ângulos de visão.

Figura 97- Dinâmica da sala de aula durante o desenvolvimento do partido (Fonte: autora).

O processo de trabalho deu-se de uma forma dinâmica e interativa, oscilando entre a modelagem física e a modelagem virtual. Um modelo elaborado através da maquete física era digitalizado, manipulado e as alterações provenientes da manipulação digital eram novamente testadas no modelo físico. Havia também alunos que iniciavam a investigação projetual em ambiente virtual e posteriormente elaboravam modelos físicos referentes aos modelos virtuais.

A escolha inicial do aluno para a condução do processo de investigação formal e espacial, seja no ambiente físico ou no virtual, dependia da sua habilidade nas respectivas ferramentas. Os professores incentivaram os alunos a iniciarem suas investigações com as ferramentas que possuíam mais habilidade, de modo que a ferramenta pudesse colaborar com suas investigações. Independentemente de como iniciavam o processo de concepção, solicitava-se que elaborassem ambos os modelos (físico e virtual), uma vez que se acreditava que tanto a modelagem física quanto a virtual possuíam qualidades distintas e complementares que contribuiriam para a investigação da forma e do espaço, na concepção do partido.

Figura 98 – Professor orientando dupla. À esquerda: primeiro estudo volumétrico-espacial, à direita: segundo estudo volumétrico-espacial, com maior nível de definição (Fonte: autora).

A utilização do mapa físico tridimensional do entorno foi fundamental para que o aluno se mantivesse conectado com a realidade do contexto e sua caracterização. Em todas as orientações docentes era solicitado que o aluno explicitasse de que forma a proposta idealizada respondia as demandas do contexto, ao programa e às diretrizes elaboradas pelos próprios alunos.

Durante o desenvolvimento das propostas, as orientações elaboradas entre professor-aluno utilizavam extensivamente o mapa tridimensional do entorno, no qual se procurava refletir sobre a maneira como a proposta investigada (implantação-forma-espacialidade) relacionava-se com o contexto existente e poderia atender às diretrizes iniciais do projeto e ainda poderia propor novas diretrizes não exploradas anteriormente.

Observava-se, porém, que quando os alunos migravam da modelagem física para a virtual havia um nítido ganho de interesse pela manipulação formal, incentivada, principalmente, pela facilidade existente no ambiente digital para essa manipulação, através dos softwares escolhidos.

Figura 99 - Dinâmica da sala de aula durante o desenvolvimento do modulo "ORGANIZAÇÃO E PARTIDO" (Fonte: autora).

Figura 100 – Dupla trabalhando no modelo físico (à esquerda). Dupla trabalhando no modelo virtual (à direita) (Fonte: autora).

Figura 101 – Aluno investigando a inserção da volumetria no mapa tridimensional. Dupla trabalhando no modelo virtual (à direita) (Fonte: autora).

As orientações docentes ocorriam não somente no modelo físico, mas também no ambiente virtual, no qual era possível se estabelecer uma interação dinâmica com o modelo produzido. Vale ressaltar que os três professores que ministravam a disciplina possuíam familiaridade com o uso dos softwares utilizados pelos alunos.

Figura 102 – Professor orientando alunos no modelo virtual (à esquerda). Dupla trabalhando concomitantemente em modelo físico e virtual (à direita) (Fonte: autora).

Durante a evolução do partido, os professores orientavam sobre as questões relacionadas ao projeto e também sobre como utilizar a ferramenta digital de forma que esta pudesse contribuir para as definições projetuais.

No momento das investigações iniciais relacionadas ao agenciamento entre forma, implantação e espacialidade procurou-se explorar os recursos do *Revit Architecture*. Uma vez que esse software permite o gerenciamento da informação de forma integrada ao modelo de produzido, torna-se uma ferramenta extremamente interessante para a realização de estudos de massa atrelados ao estudo de áreas, importantes para investigações iniciais relacionadas ao potencial construtivo do terreno. Com esse software é possível gerar, de uma forma

extremamente rápida e integrada à modelagem, tabelas de áreas construídas, parametrizadas com os modelos de massa, que auxiliam os estudos relativos aos índices urbanísticos, tais como taxas de ocupação e coeficientes de aproveitamento. Alterações no modelo de massa são facilmente rebatidas na planilha de áreas. Nas fases iniciais da concepção projetual, a ferramenta contribui para o agenciamento entre a concepção formal e o melhor aproveitamento do terreno relacionado aos índices urbanísticos, contribuindo para a investigação da viabilidade econômica da proposta.

Figura 103 – Aula expositiva ministrada por um dos professores do Ateliê, enfatizando os recursos do *Revit Architecture* facilitadores do gerenciamento entre forma x área, necessários para a investigação sobre o aproveitamento do terreno (Fonte: autora).

Também foi possível, de uma forma extremamente simples e dinâmica, aliar os estudos de massa com a simulação de insolação no edifício e no entorno, o que possibilitou avaliar a adequação da proposta quanto à possibilidade de conforto térmico e impactos relacionados aos sombreamentos gerados pelo edifício na vizinhança.

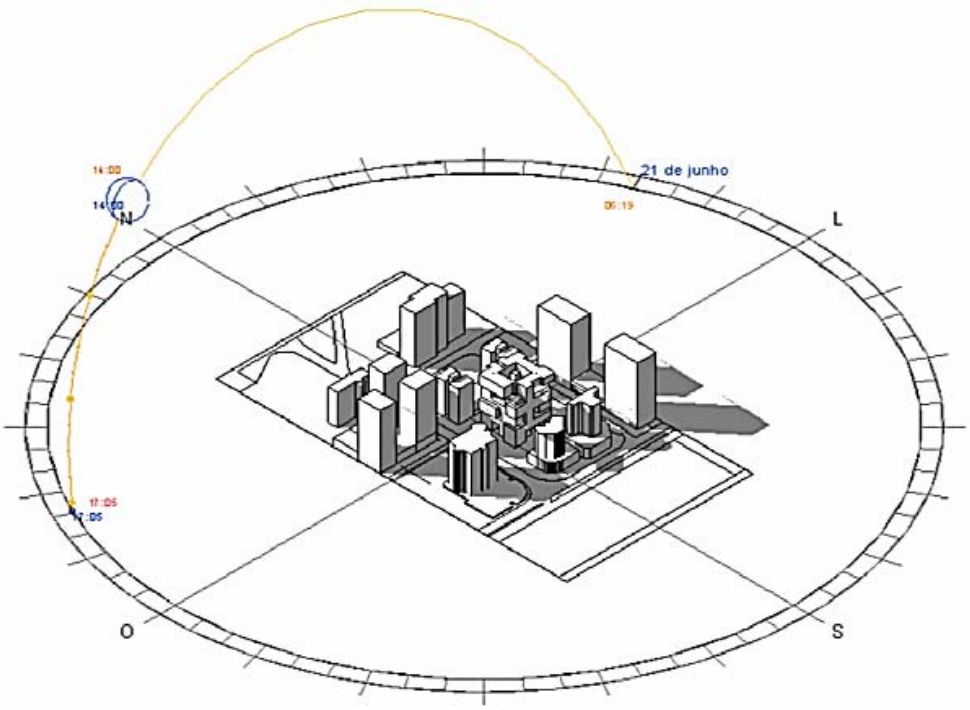


Figura 104 – Estudo de insolação no *Revit Architecture* realizados por alunos durante a investigação da forma (Fonte: autora).

No decorrer da evolução da concepção projetual investigou-se a contribuição da mídia digital para uma compreensão mais ampliada do aluno sobre o edifício e seu desempenho. Identificou-se que a utilização pelos alunos do *Revit Architecture*, contribuiu enormemente para o conhecimento explícito sobre aquilo que é produzido e configurou-se como uma ferramenta aliada ao projeto orientado pelo desempenho.

Os modelos digitais paramétricos possibilitam uma concepção dinâmica que alia a possibilidade da simulação durante o processo de concepção e a tomada de decisões a partir daquilo que se observa no próprio ato de concepção/simulação/avaliação. As decisões de projeto por sua vez são altamente mediadas pela ferramenta digital que permite uma compreensão tridimensional ampliada do edifício.

O modelo paramétrico elaborado no *Revit Architecture* trata-se de um modelo "construtivo", onde os alunos "constroem" os elementos arquitetônicos e não apenas o "desenham". Isso força uma maior compreensão dos aspectos construtivos e materiais do edifício. O aluno não desenha uma parede, através de comandos de linhas, retas e curvas, mas a constrói no ambiente virtual, definido inclusive sua composição (estrutura interna, substratos e acabamentos). Dessa forma o processo de composição do edifício está sempre vinculado à suas qualidades materiais e construtivas. Desenhos bidimensionais tais como plantas, cortes

e fachadas não são desenhados, mas gerados a partir de um modelo tridimensional. Para alunos de quinto período, cuja “visão espacial” ainda é limitada, desenvolver o projeto do edifício através de seu modelo construtivo e não através de desenhos bidimensionais, se tornou extremamente mais atraente, uma vez que a ferramenta digital permite ampliar sua “visão espacial”.

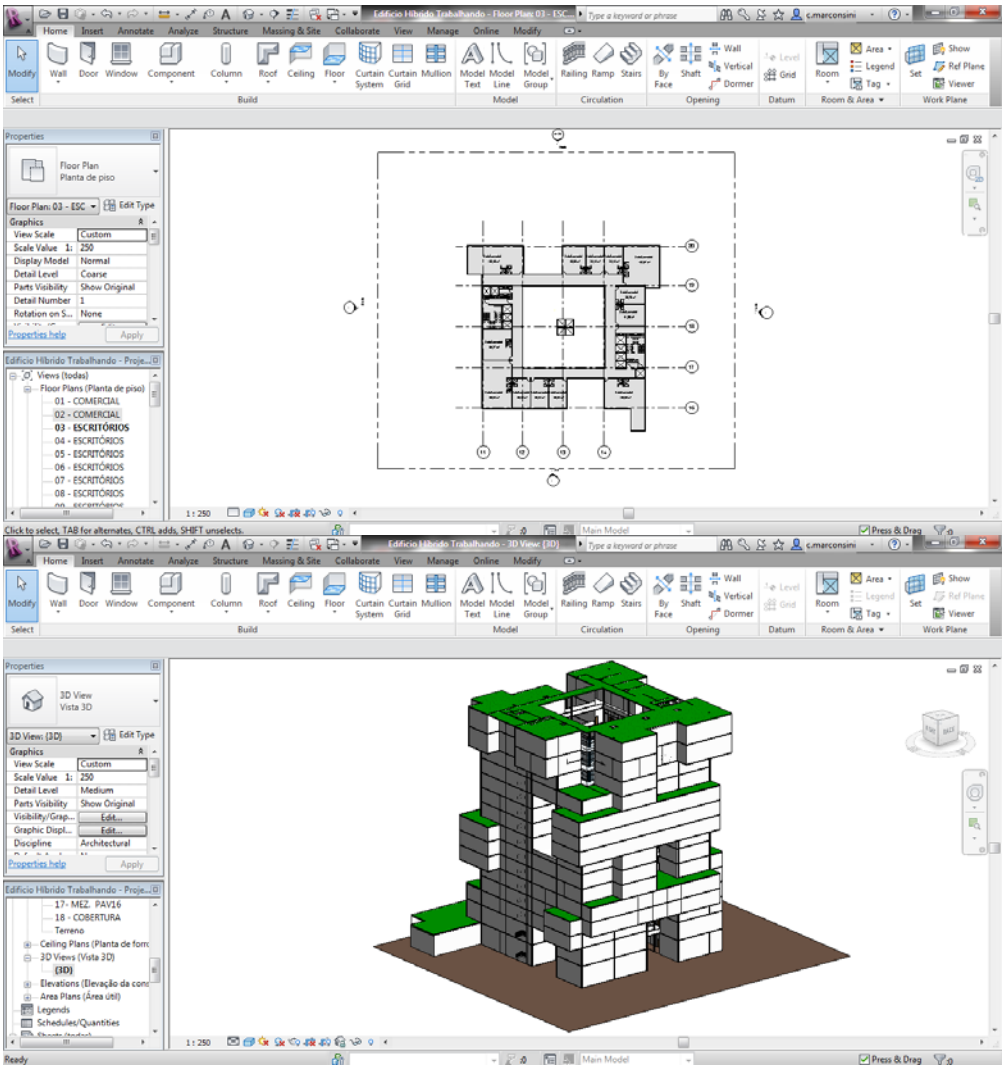


Figura 105 – Modelo elaborado por Diana e Aghata no Revit. Acima visualização do modelo na planta do terceiro pavimento. Abaixo visualização do modelo através da “câmera aérea”. Um único arquivo com várias “vistas” (Fonte: autora).

Através da modelagem paramétrica decisões elaboradas na espacialidade interna do edifício estão sempre conectadas com as decisões relacionadas com a forma e a implantação, uma vez que se trata da manipulação de um único modelo digital que pode ser visualizado de diversas maneiras (câmeras, secções, plantas).

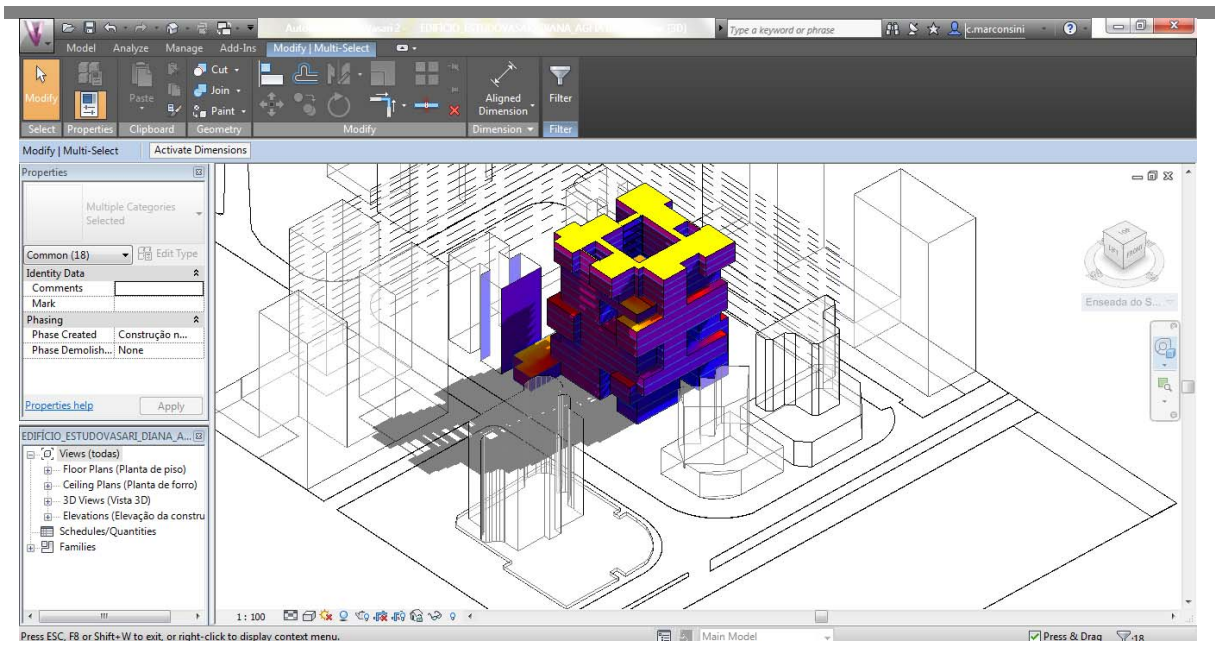


Figura 106 – Simulações de desempenho elaboradas por Aghata e Diana no modelo digital (Fonte: autora).

Há que se ressaltar, porém, a necessidade de que o aluno tenha um mínimo de domínio da ferramenta e, nesse sentido o papel do professor é fundamental. No estudo de caso realizado, apesar dos alunos terem cursado a disciplina "Computação Gráfica" no semestre anterior, na qual aprenderam a utilizar o software *Revit Architecture*, surgiram durante o desenvolvimento do projeto em sala de aula, muitas dúvidas relacionadas à utilização da ferramenta. Por isso, estabeleceu-se durante as aulas um grande processo de colaboração entre alunos e professores, com uma troca constante de informações relacionadas ao próprio manuseio da ferramenta.

Vale ser mencionado que os alunos que tinham uma experiência com o software *Autocad* antes de terem cursado a disciplina "computação gráfica" apresentaram uma maior resistência para a utilização do programa *Revit Architecture*, muitas vezes reclamando que era mais fácil "desenhar" no *Autocad*. Em contrapartida os alunos que não possuíam experiência anterior em nenhum dos dois softwares, tendo apenas aprendido ambos os softwares concomitantemente na disciplina "computação gráfica" preferiram utilizar o Revit ao invés do *Autocad*, relatando que no *Revit* era mais fácil compreender o edifício em sua totalidade.

Nas respostas aos questionários sobre a avaliação da disciplina, nas perguntas relacionadas ao uso do software *Revit Architecture,* muitos alunos responderam que o software os ajudou a compreender as inter-relações existentes entre os componentes do edifício. Também

ressaltaram que elaborar alterações no projeto modelado no *Revit* era mais fácil e mais rápido e não comprometia o desenvolvimento do projeto. Assim podiam testar diversas soluções, sem prejuízos no tempo dedicado ao projeto.

Outro ponto importante destacado no questionário foi sobre a compreensão do edifício enquanto construção e não apenas desenho. Alguns alunos ressaltaram que ao utilizar o *Revit* compreenderam que o projeto não se configurava como um "conjunto de paredes", mas sim um "todo com estrutura, materiais, entre outros".

Outro ponto importante investigado foi sobre o uso da simulação de desempenho em sala de aula, no desenvolvimento dos projetos. Anteriormente e no decorrer da experimentação, efetuou-se uma busca constante à procura de um software de simulação ambiental que pudesse ser utilizado pelos alunos de graduação para avaliações de desempenho ambiental, durante a concepção projetual. Procurava-se, porém, por softwares com interfaces simples e amigáveis, preferencialmente integrado ao ambiente do *Revit* (já que era este o software utilizado pela maioria dos alunos, no desenvolvimento de suas propostas), de forma que pudesse ser utilizado para análises de desempenho, cujos resultados retroalimentariam o processo de concepção. Nessa busca, tornou-se difícil uma escolha, pois a maioria dos softwares disponíveis exigia um tempo de prática e estudo para utilização, não disponível no tempo de duração da disciplina.

Mas ao longo da realização da experiência pedagógica, um software extremamente interessante para uma abordagem de projeto-baseado-no desempenho, aplicada ao ensino de graduação de arquitetura foi disponibilizado pela Autodesk, no Autodesk Labs[33], em setembro de 2011. Trata-se do software VASARI, ambiente digital muito semelhante ao *Revit Architecture*, que permite uma fácil manipulação da forma atrelada à análise de desempenho. Ainda em fase de desenvolvimento, sua utilização é validada através de uma licença gratuita, porém finita. É bem possível que sua tecnologia seja incorporada ao próprio Revit. Vale

[33] O Autodesk Labs é um local de desenvolvimento colaborativo de novas tecnologias direcionadas ao projeto, através do envolvimento do cliente no progresso das soluções. O objetivo é disponibilizar novas tecnologias para uso dos clientes a fim de receber *feedbacks* sobre ideias e produtos, enquanto eles ainda estão em fase inicial de desenvolvimento. Fonte: http://labs.autodesk.com.
O vídeo explicativo sobre o software pode ser acessado em:
http://www.youtube.com/watch?v=pZoNobNtEpE&feature=youtu.be

ressaltar que a versão 2012 do *Revit Architecture* já apresenta algumas ferramentas do VASARI tal como a análise de insolação.

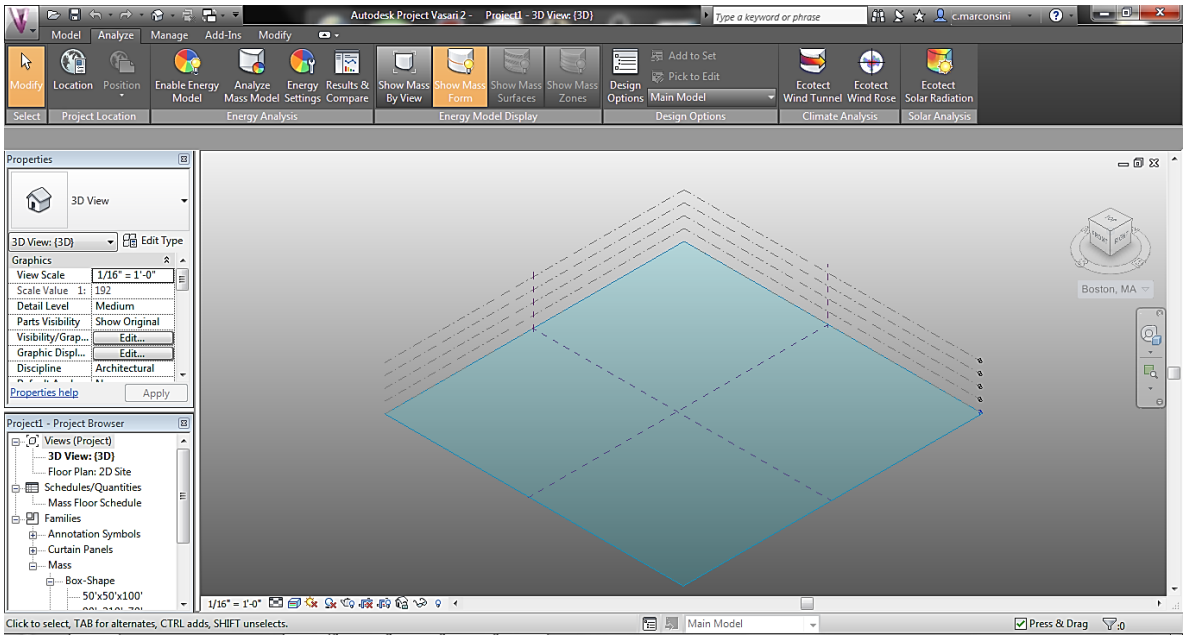


Figura 107 – Ambiente virtual do VASARI. Acima as barras de tarefa relacionadas à simulação de desempenho (Fonte: autora).

No decorrer da disciplina, a utilização do VASARI revelou-se muito interessante na investigação do desempenho, ainda que tardiamente, para escolhas referentes à envoltória. Sua utilização, porém, poderia ter sido ainda mais interessante para auxiliar processos de **geração** da forma, durante a concepção do partido, através do qual seria possível investigar relações estabelecidas entre forma, implantação e o desempenho relacionado à ventilação, radiação solar e consumo energético, através da simulação. Certamente será um exercício futuro aplicado em próximas experiências pedagógicas. O software possui um enorme potencial para auxiliar processos de geração da forma, utilizando a geometria parametrizada, através da simulação de seu desempenho. Vale ressaltar que os alunos aprenderam a utilizar o VASARI em apenas quatro horas de aula[34].

[34] É importante ressaltar que os alunos já estavam familiarizados com a interface digital do REVIT o que facilitou o aprendizado, uma vez que a interface do VASARI é semelhante.

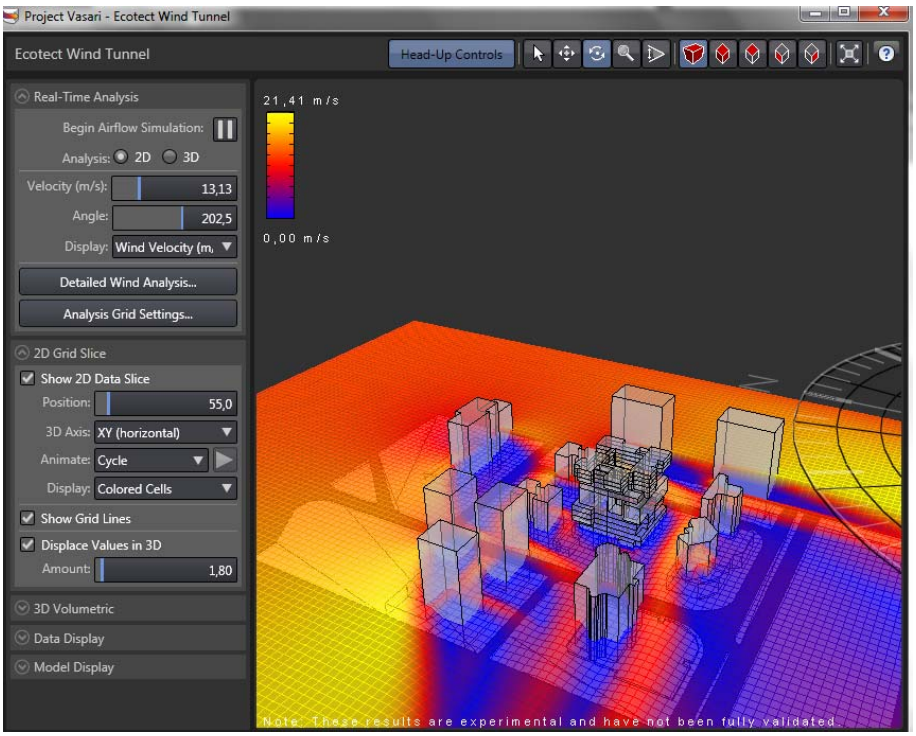


Figura 108 – Simulação de ventilação realizada por alunos no software VASARI. (Fonte: autora)

Pôde se perceber o enorme entusiasmo com que os alunos receberam a tarefa de utilizar programas de simulação, como o VASARI, em sala de aula, onde puderam investigar os inter-relacionamentos entre forma x implantação x desempenho, através de um conhecimento explícito desenvolvido no ato da simulação e de forma visual. Os alunos, em sua maioria, foram muito receptivos aos instrumentos digitais utilizados na sala de aula.

Por outro lado, ofereceram certa resistência para a elaboração de diagramas mais descritivos e menos visuais, como aquele denominado “DIAGRAMA DE INTERDEPENDÊNCIAS”. Aplicar esse diagrama não foi uma tarefa fácil e bem recebida pelos alunos de arquitetura. Muitos alunos se sentiam extremamente incomodados com a construção de gráficos de relações e questionavam porque aquilo era necessário. Alguns reclamavam que estavam “perdendo tempo” de projeto. Isso reflete a pouca habilidade do aluno de arquitetura com instrumentos de pesquisa, o que corrobora com argumentos elaborados por Lara (2009) sobre o desafio de se aliar pesquisa e prática no ateliê de ensino de projeto.

Esse fato também corrobora com o argumento a favor da necessidade de se desenvolver ferramentas centradas em análises mais visuais e menos numéricas ou descritivas para uma maior aceitação de arquitetos.

Porém, foi nítido perceber que, após o desenvolvimento do diagrama, os alunos passaram a reconhecer inter-relações importantes, demostrando esse conhecimento no desenvolvimento de seus projetos e nas escolhas relacionadas à materialidade do edifício.

É importante ressaltar como fundamental o papel do professor no sucesso da utilização das ferramentas digitais no processo de aprendizagem do aluno e na contribuição dela para o desenvolvimento de seu projeto. Da mesma forma que um professor pode auxiliar o aluno na utilização da ferramenta de desenho manual, lhe indicando qual o melhor lápis, qual o melhor grafite, qual a melhor técnica que lhe permitirá alcançar determinado resultado, assim também ocorre o processo de projeto digital. O processo de utilização da ferramenta digital, durante a concepção do edifício, é também um processo evolutivo e ao final do período, os alunos se sentem mais seguros quanto essa utilização, principalmente quando tomam ciência das possibilidades da ferramenta e da contribuição dela para seu próprio processo de concepção. Esta segurança é ainda maior quando ao final ficam satisfeitos com os resultados alcançados.

Os professores procuraram ressaltar que a ferramenta é sempre uma “aliada” do projeto e nunca deve se configurar como um “inibidor” de seu processo conceptivo. Assim, em determinados “momentos” da concepção, os professores incentivaram, por exemplo, uma mudança na ferramenta utilizada, quando era observada alguma dificuldade do aluno, em determinadas tarefas do projeto.

Esse foi o caso, por exemplo, de situações ocorridas no desenvolvimento do módulo “O ESPAÇO ORIENTADO PELOS EVENTOS”. Diante da percepção dos professores quanto à inabilidade de alguns alunos na utilização da ferramenta digital para elaboração de elementos de paisagismo, foi-lhes incentivado um retorno àquelas ferramentas que possuem mais familiaridade. Alguns alunos preferiram desenvolver suas propostas paisagísticas através do desenho à mão, para posteriormente modelá-las no ambiente digital, onde seria possível “caminhar” pelo projeto como um maior nível de realismo (Figura 109 e Figura 110)

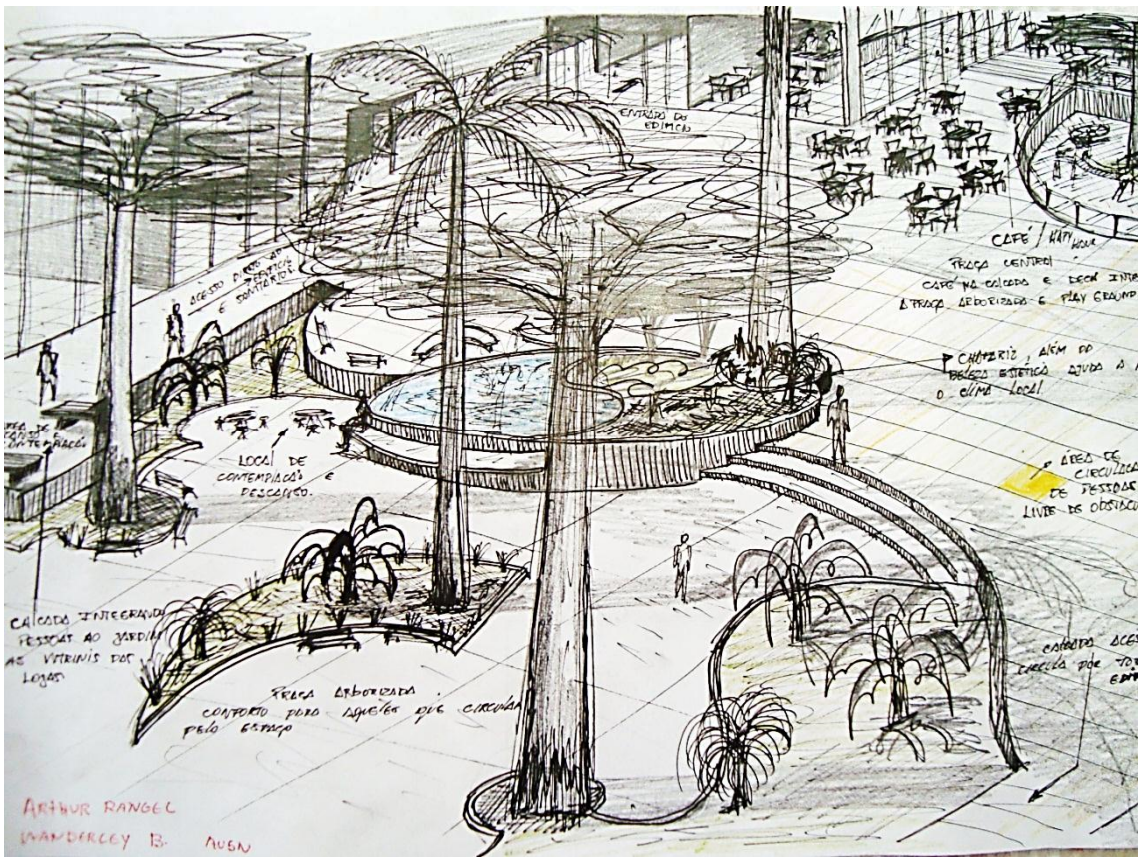


Figura 109 – Estudo elaborado através do desenho à mão pelo aluno Wanderley, para estudos referentes ao projeto de paisagismo (Fonte: autora).

Figura 110 – Modelo digital final dos elemenros de paisagismo, elaborado pelo aluno Wanderely e Arthur (Fonte: autora).

Pode-se identificar que em sua maioria, os projetos desenvolvidos no Revit Architecture conseguiram chegar a um resultado final mais satisfatório.

CONCLUSÕES

7. CONCLUSÕES

7.1. Sobre a contribuição da interface estabelecida entre pensamento sistêmico e metodologia projetual para a compreensão do "edifício como organismo".

A abordagem sistêmica na Arquitetura configura-se como um caminho viável para a compreensão e tratamento do processo de concepção do edifício em termos de seu desempenho nas diversas vertentes, social, econômica, e energético- ambiental.

Ao possibilitar uma descrição pormenorizada das relações internas a um sistema ou entre sistemas de um dado organismo - o edifício, por exemplo - compreende-se que esta abordagem permite que sejam tratados processos de projeto orientados para a sustentabilidade.

A partir desse reconhecimento o **primeiro objetivo** deste trabalho centrou-se na tarefa de **estabelecer interfaces entre o pensamento sistêmico e a metodologia do projeto, a fim de construir um entendimento mais ampliado do objeto da arquitetura, no âmbito do conceito "sustentabilidade".** Objetivou-se elaborar essa construção a partir da compreensão sistêmica do edifício e de seu processo de concepção, procurando por uma analogia de ambos ao conceito de "organismo".

A partir desse objetivo foram formuladas duas hipóteses:

- Uma possível abordagem sistêmica, tanto do edifício quanto de seu processo de concepção, pode ser construída através de uma interface estabelecida entre conceitos gerais do pensamento sistêmico - hierarquia, emergência, auto-organização, retroalimentação, subjetividade e contexto – e os métodos de projeto.
- Uma abordagem sistêmica na arquitetura pode ser construída a partir de uma "analogia orgânica" centrada em duas questões complementares: a investigação da relação do edifício com o contexto, que o compreende como um sistema que se insere em outro sistema e, portanto, é sujeito a trocas e interações; a investigação do edifício como um sistema hierárquico composto por subsistemas inter-relacionados, cuja organização contribui para o atendimento de determinadas metas de desempenho e para sua adaptação a esse contexto, para o qual são definidas as metas. Por sua vez, essa analogia orgânica pode colaborar com projetos orientados para a

sustentabilidade, ao se compreender a sustentabilidade, como a adequação (social, ambiental e econômica) do edifício em uma determinada situação-problema e em um determinado espaço-tempo.

Para alcançar esse objetivo, no Capítulo 2 foi tratada a abordagem sistêmica e os principais conceitos que a caracterizam, destacando as diferenças epistemológicas estabelecidas entre o pensamento analítico e o pensamento sistêmico. Visou-se conceituar a abordagem sistêmica a partir de princípios gerais para, posteriormente, investigar a implicação desses na concepção projetual e na resolução de problemas de projeto.

Após esta conceituação, no Capítulo 3 considerou-se um tratamento teórico relacionado à metodologia projetual, em que se procurou trabalhar o objeto arquitetônico bem como seu processo de concepção a partir de uma visão sistêmica. Para tanto, foram enfocadas três abordagens que se complementam, e revelaram existir uma grande interface entre os conceitos gerais do pensamento sistêmico e os métodos de projeto: o sistema orientado por metas, investigado por Herbert Simon; o sistema como um processo retroalimentado, através da aprendizagem pelo fazer, investigado por Donald Schon e o sistema construído a partir de uma "linguagem de padrões", investigado por Christopher Alexander.

O conceito de **hierarquia** revelou-se como fundamental no sistema de projeto orientado por metas, descrito por Herbert Simon. A hierarquia pode ser compreendida como a "forma" do projeto, e este por sua vez sendo um sistema hierárquico poderá ser decomposto em subsistemas inter-relacionados. Essa decomposição permite estabelecer um "ciclo gerador-teste" no qual subproblemas são definidos, alternativas são produzidas e testes são realizados para avaliar a adequação da solução particular no desempenho global do sistema de projeto. A decomposição hierárquica do projeto é apresentada como uma ferramenta que colabora para o trabalho com a complexidade, uma vez que permite que as partes sejam abordadas de forma autônoma, porém integradas.

Em sua "linguagem dos padrões" Alexander apresenta o objeto arquitetônico (espaço, edifício, bairro, cidade) como uma **organização** que combina padrões de espaços a padrões de acontecimentos (humanos, físicos ou mecânicos). A descrição que Alexander faz dessa linguagem é, também, um sistema hierárquico - como uma rede - composto por nós e conexões que se superpõem em níveis. Cada padrão ou lei é em si mesmo um padrão de

relações entre outras leis que são em si mesmas, também, um padrão de relações. Por sua vez, a noção de qualidade é estabelecida pelo autor como a capacidade de um padrão de resolver seus conflitos internos, ou seja, de resolver suas próprias regras. Depende, portanto, de sua organização. Alexander destaca desta forma a profunda relação existente entre qualidade e contexto. O desempenho desejado a um edifício é altamente contextualizado e somente pode existir em um determinado espaço-tempo, uma vez que o edifício participa do contexto e por ele é influenciado. O desempenho depende, portanto, de uma **situação-problema** existente que envolve condições sociais, econômicas, e ambientais estabelecidas ali.

Ambos os sistemas de projeto teorizados por Herbert Simon e Alexander procuraram compreender o objeto do projeto a partir das relações estabelecidas em sua **organização interna** e a adaptação a um **contexto**. Essa compreensão sistêmica fica clara quando Simon caracteriza o artefato como uma "interface" entre seu "ambiente interno" (organização) e o "ambiente externo" (contexto) no qual atua. Assim, o processo de projeto é entendido como um processo de escolha de alternativas, que evolui e permite o estabelecimento de uma organização interna que possa responder da melhor maneira possível às variáveis de um ambiente externo e suas restrições, a fim de alcançar metas e objetivos desejados. Por outro lado, o objeto é apresentado como um sistema complexo hierárquico composto por partes em interação e sua configuração realiza-se através de uma hierarquia de níveis composta por subsistemas inter-relacionados.

Donald Schon, por sua vez, compreende o sistema de projeto como um **sistema cibernético** no qual o fazer, o conhecer, o refletir e o agir se dão através da informação (pela experiência do conhecer-na-ação), detecção e ajuste (pela reflexão-na-ação). Schon reconhece como fundamental o papel da **retroalimentação** no processo projetual, e o papel do próprio processo como formador de conhecimento. O processo de conhecer-na-ação e refletir-na-ação descreve-se através de um sistema retroalimentado pelas informações obtidas no próprio processo de fazer, conhecer e refletir. Durante o processo de projeto, **propriedades emergentes** se manifestam e podem reorganizar o processo. Desta forma o processo de projeto pode ser compreendido como um **sistema auto-organizado**, através do qual se desenvolvem processos de aprendizagem e evolução. Destaca-se assim o papel do próprio processo do projeto como formador de conhecimento.

Para Schon a visão da reflexão-na-ação é uma visão construcionista da realidade, da qual participa o profissional. Schon reconhece desta forma a **subjetividade** do processo. As crenças do profissional e suas apreciações estão enraizadas em sua visão de mundo e refletem-se na própria construção do sistema projetual. A reflexão-na-ação, proposta por Schon faz uma referência clara aos sistemas cibernéticos preconizados pela cibernética de segunda ordem, que coloca o observador como parte integrante do sistema, o qual é construído segundo sua própria visão de mundo e a partir de uma realidade que se apresenta.

A partir da investigação teórica realizada concluiu-se que os conceitos definidos a partir do pensamento sistêmico, tais como a própria definição de **sistema** e **organismo**, bem como os conceitos subjacentes a estes, como **hierarquia, emergência, auto-organização, retroalimentação, subjetividade e contexto**, revelaram-se muito oportunos para um entendimento sistêmico do processo de concepção e de seu objeto. Nota-se que todos esses conceitos foram apropriados por autores distintos para construções teóricas que visam esclarecer o processo de projeto e seu objeto.

A partir dos conceitos sistêmicos e das abordagens teóricas investigadas procurou-se, na tese, compreender o edifício a partir do conceito de "organismo", de forma a colaborar para uma compreensão mais ampliada da sustentabilidade, entendendo-se a sustentabilidade na arquitetura como sua adequação econômica, social e ambiental em um dado espaço-tempo e em uma determinada "situação-problema".

Conclui-se que o edifício pode ser reconhecido como um sistema que se insere em outro sistema e que dele participa. Ao se compreender o edifício como um sistema que interage com o contexto deve-se investigar sua capacidade de contribuir para a qualidade desse contexto. As decisões de projeto são fortemente influenciadas pelo contexto e pela capacidade do edifício de adaptar-se a esse contexto, contribuindo para sua dinâmica.

O edifício também pode ser compreendido como um sistema hierárquico composto por subsistemas inter-relacionados, cuja organização contribui para determinadas metas de desempenho e para sua adaptação ao contexto (ambiental, social, econômico) para o qual são definidas as metas. Essa compreensão sistêmica da arquitetura colabora para a acomodação da sustentabilidade na concepção projetual em seu sentido mais amplo, que envolve não apenas questões ambientais, mas também sociais e econômicas. Entende-se que o edifício

compreendido a partir desta ótica, pode contribuir para a criação de “cenários sustentáveis” na cidade.

Conclui-se também que o reconhecimento do edifício como um organismo pode se configurar como um método para abordar a complexidade do processo projetual e possibilitar a identificação e compreensão das relações que ocorrem internamente ao edifício e entre o edifício e o contexto, que possam influenciar seu desempenho global.

7.2. Sobre a contribuição da compreensão do “edifício como organismo” para o ensino de projeto de arquitetura.

O segundo objetivo dessa tese centrou-se na tarefa **de compreender como a interface entre pensamento sistêmico e metodologia projetual pode se revelar no âmbito do ensino de arquitetura** de forma a contribuir para que alunos de arquitetura possam construir um entendimento sistêmico do objeto arquitetônico e de seu desempenho**.**

A partir desse objetivo construíram-se duas hipóteses:

- A partir da analogia orgânica do edifício e de seu processo de concepção é possível elaborar uma “pedagogia projetual” (RHEINGANTZ, 2005) que colabora para que alunos de arquitetura possam construir uma compreensão sistêmica do edifício e desenvolver processos de concepção baseados no desempenho.
- As ferramentas digitais, principalmente aquelas baseadas na modelagem paramétrica, colaboram para que os alunos tenham uma compreensão do edifício e de seu desempenho.

Realizou-se uma investigação com base em uma experiência pedagógica, na qual se visou explorar um método de ensino fundamentado nos elementos teorizados no corpo desta tese e compreender de que maneira os conceitos sistêmicos, quando utilizados como fundamentadores de um método de ensino de projeto, contribuíram para que alunos de arquitetura pudessem construir um entendimento sistêmico do objeto arquitetônico e de seu desempenho.

Na experiência pedagógica realizada o edifício foi apresentado como um sistema que possui uma organização interna e que, por sua vez, adapta-se a um contexto. Deste modo, durante a evolução da disciplina procurou-se investigar as interdependências internas do edifício, que

caracterizavam sua organização, bem como a influência do contexto na construção dessa organização e vice-versa.

A consideração do edifício como um “organismo” revelou-se muito oportuna para incentivar os alunos do Ateliê a investigarem uma concepção projetual baseada em metas de desempenho, relacionadas tanto à organização interna do edifício quanto à sua adaptação ao contexto. Buscou-se dessa forma aliar a capacidade criativa e inventiva do aluno com o atendimento a metas de desempenho de forma a possibilitar uma maior argumentação das propostas.

A estrutura evolutiva da concepção projetual desenvolvida com os alunos considerou a decomposição hierárquica do edifício de modo que se pudesse, a partir de uma definição geral - baseada em uma investigação contextual - reconhecer o todo mesmo no desenvolvimento de suas partes componentes. As entradas de informações no processo de projeto ocorreram de forma gradual, a fim de incentivar processos de retroalimentação. Assim, cada nova informação - adquirida internamente ao sistema, a partir dos processos reflexivos elaborados pelo aluno sobre aquilo que foi produzido, bem como externamente ao sistema - a partir de novas explicações dadas pelos professores – serviram para alimentar novos processo e novas descobertas.

Após a definição preliminar de uma organização geral para o edifício, elaborada a partir de diretrizes inicialmente definidas sobre a investigação de um contexto, procedeu-se a uma hierarquização dos problemas do projeto, na qual foi possível investigar, com mais propriedade, as relações entre espacialidade, funcionalidade e materialidade do edifício.

Através da hierarquização do problema projetual foram propostas decomposições do edifício, procurando-se estabelecer redes de relações definidas a partir da “situação-problema” do projeto. A partir da decomposição hierárquica, desejou-se explorar as relações de interdependência entres as partes e o todo, na composição arquitetônica, que contribuiriam para seu desempenho. Essa decomposição do problema de projeto em subproblemas inter-relacionados permitiu que os alunos desenvolvessem uma compreensão mais ampliada sobre as relações de dependência entre os diversos elementos do edifício. Através dessa decomposição, procurou-se trabalhar com os alunos uma concepção “evolutiva” na qual, a partir de uma definição geral do edifício e do estabelecimento de requisitos de desempenho

iniciais, pôde-se desenvolver a hierarquização do problema projetual, de modo que novas informações foram então introduzidas, realimentando o processo projetual.

Na decomposição projetual, alternativas foram produzidas considerando-se uma rede de restrições e requisitos de desempenho. Enquanto o estudante trabalhava em um subproblema de projeto, soluções eram apontadas e o subproblema, uma vez definido, eram testados frente ao todo (o partido). Nesse processo, ambos (partes e todo) sofriam mutações e o papel da informação era fundamental nessa evolução. As informações provenientes do que era observado e dos novos conhecimentos adquiridos alimentavam o sistema de concepção. Nesse sistema, trabalhava-se extensivamente com o conceito de retroalimentação.

Pode-se considerar a partir da experiência didática realizada, que a decomposição projetual elaborada proveniente de uma hierarquização do problema projetual colaborou para que os alunos de arquitetura pudessem trabalhar com a complexidade. Dada a extensão do programa, a hierarquização em subproblemas de projeto permitiu que os discentes compreendessem em determinados momentos, o impacto de novas informações e novos condicionantes no desempenho global do edifício.

7.3. Sobre a contribuição da ferramenta digital de modelagem paramétrica para a compreensão do "edifício como organismo" no ensino de projeto de arquitetura.

Durante a realização da experimentação pedagógica, o processo de trabalho variava entre a totalidade e as partes. Esse processo foi enormemente auxiliado pela utilização da modelagem paramétrica, através do software *Revit Architecture*. A possibilidade de trabalhar, durante toda a evolução da disciplina, com um único "modelo" digital, o qual "evoluía" à medida que as informações eram inseridas, permitiu que os alunos mantivessem sua atenção nas partes e no todo simultaneamente.

O processo de conhecer-na-ação e refletir-na-ação foi incentivado principalmente pela utilização da ferramenta digital, através do conhecimento explícito adquirido sobre aquilo que era produzido. Nesse sentido, a utilização da modelagem paramétrica possibilitou uma concepção dinâmica do edifício, que colaborou para um processo integrado de trabalho, de forma que as "partes" e o "todo" estivessem sempre, de alguma forma, conectados. Por sua

vez, a possibilidade da realização de simulações de desempenho, durante a concepção, auxiliou a tomada de decisão a partir do conhecimento explícito adquirido pelo ato de concepção/simulação/avaliação.

Para alunos de arquitetura, a modelagem paramétrica permitiu ainda ampliar sua compreensão tridimensional do espaço, colaborando para um entendimento mais integrado do edifício e das relações estabelecidas entre forma, espaço, função e contexto. A geometria parametrizada permitiu a investigação de formas mais complexas, cujo desenvolvimento do projeto seria extremamente difícil através de uma visualização apenas bidimensional ou de uma visualização tridimensional desvinculada da visualização bidimensional.

Ao se investigar a modelagem paramétrica percebeu-se que a descrição que Alexander elabora em sua "linguagem dos padrões" é extremamente coerente. Um padrão estabelece uma relação sistêmica entre elementos de um espaço e uma "linguagem de padrões" é criada a partir de uma combinação entre padrões individuais, estabelecendo-se relações entre eles. Por sua vez, a qualidade de um padrão depende do seu grau de adaptação no todo. Assim, um padrão deve ser capaz de atuar de forma autônoma, adaptando-se a seus próprios processos, e também deve estar relacionado a uma linguagem da qual faz parte.

Na modelagem paramétrica é possível construir padrões individuais - regras entre elementos do edifício – e combinar padrões individuais a uma linguagem de padrões - rede de padrões inter-relacionados - a favor de um desempenho esperado, de forma que os padrões individuais possam ser trabalhados com certa autonomia, sem a perda da "linguagem".

Os resultados alcançados em sala de aula com a utilização da modelagem paramétrica foram bem melhores do que os resultados alcançados nos períodos anteriores, quando os alunos ainda "migravam" de modelos tridimensionais (elaborados no *Sketchup*) para os modelos bidimensionais (elaborados no *Autocad*). Dada a complexidade programática do Ateliê III, a modelagem paramétrica também contribuiu para a exploração de formas mais complexas e para o desenvolvimento do projeto a partir de definições mais elaboradas em sua espacialidade interna.

A possibilidade de utilizar a simulação de desempenho no processo de projeto também agregou benefícios ao processo de aprendizagem. Através da simulação, o aluno não somente

conjecturava sobre determinado desempenho do edifício, mas efetivamente avaliava se foi alcançado, e as respostas obtidas na simulação realimentavam o processo de concepção.

A utilização da modelagem paramétrica em sala de aula, porém, foi um grande desafio tanto para os professores quanto para os alunos, uma vez que os alunos eram inexperientes com a utilização do programa. Nesse sentido, um grande processo colaborativo entre professores e alunos fez-se necessário, no qual o papel do professor é revela-se como fundamental. O docente deve sempre livrar-se de seus preconceitos para também "experimentar" novos processos, para que juntos - professores e alunos- possam, ao longo da disciplina, refletir sobre a contribuição da ferramenta no próprio processo de concepção. Assim, torna-se possível identificar os benefícios e as limitações da ferramenta em determinados "momentos" da concepção. A ferramenta computacional deve sempre contribuir para o processo de aprendizado do aluno, e nunca limitar sua capacidade criativa e inventiva.

Também é importante comentar que a receptividade da modelagem paramétrica foi muito maior para aqueles alunos que ainda não possuíam o domínio do desenho no CAD. Para alguns alunos, que já trabalhavam há algum tempo com o *Autocad*, como desenhistas em escritórios de arquitetura e estavam, de certa forma "acostumados" na lógica do desenho no CAD, migrar para a modelagem paramétrica tornou-se mais difícil e foi nítido que se auto imporão determinadas barreiras. Por sua vez, os alunos iniciantes em ambas as ferramentas (CAD e BIM) desenvolveram a modelagem paramétrica com muito mais entusiasmo e conseguiram resultados muito satisfatórios com o manuseio do software *Revit*, ainda que inexperientes com o ambiente digital. Ao final do período realizou-se um debate com os alunos e a grande maioria afirmou que continuará a desenvolver os projetos no *Revit* e que não mais utilizará o CAD, apesar de ter aprendido a utilizar ambas as ferramentas na disciplina "computação gráfica". Esse fato deixa claro o papel do docente no desenvolvimento de novos comportamentos e novos processos na concepção projetual.

Uma das grandes discussões elaboradas atualmente, no âmbito da disseminação do BIM nos escritórios de arquitetura, trata-se da resistência de muitos profissionais para uma mudança na rotina de trabalho. Acredita-se que essa situação será gradativamente alterada na medida em que novos profissionais, que hoje são estudantes, chegarem ao mercado.

7.4. Sugestões para futuras investigações

A partir dos resultados produzidos pela pesquisa desenvolvida no âmbito desta tese e de modo a contribuir para avanços nos campos de conhecimento da teoria e prática de projeto, são apresentadas algumas sugestões para futuras investigações.

Pode-se apontar uma investigação mais ampliada da utilização das simulações de desempenho na geração da forma x espaço. O software VASARI mostrou-se bastante interessante para essa investigação e deve ser explorado nos estágios iniciais da concepção da forma, cujos resultados podem realimentar o próprio processo de formação.

Uma pesquisa futura pode ser desenvolvida através da investigação no âmbito do ensino, dos processos colaborativos desenvolvidos na modelagem paramétrica integrada à avaliação de desempenho. Pode-se investigar uma interdisciplinaridade entre alunos de arquitetura e engenharia, ao se propor projetos simultâneos realizados por ambos os cursos em um mesmo problema de projeto. Essa investigação realizada na academia pode render bons frutos inclusive para o mercado da construção civil, cujo grande desafio apresentado pela utilização da modelagem paramétrica e da modelagem da informação situa-se principalmente no gerenciamento dos processos de projetos quando estes envolvem disciplinas variadas utilizando um único modelo digital.

No âmbito das ferramentas digitais, deixa-se em aberto a investigação na sala de aula dos modelos generativos, tais como aqueles que utilizam algoritmos genéticos, como o plug-in *Grasshopper*, desenvolvido para o *Rhinoceros* 3-D. Experimentos acadêmicos relacionados à utilização desse software já são iminentes, inclusive no Brasil (FLORIO, 2011; OLIVEIRA, FABRÍCIO, 2011), mas há ainda um enorme campo de investigação em aberto atrelado ao uso dos modelos generativos para processos de projeto-baseado-no-desempenho.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

7GROUP; REED, Bill G. **The integrative design guide to green building. Redefining the practice of sustainability**. New Jersey: John Wiley & Sons. 2009

ALEXANDER, Christopher. **Notes on the synthesis of form**. Cambridge: Harvard University Press, 1964.

_____. **A city is not a tree.** Architectural Forum, n. 122, 1965, p.58-62

_____. **A pattern language. Towns, Building, Construction.** Oxford Usa Trade, 1976.

_____. **El modo intemporal de construir**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1981.

ANDIA, Alfredo. **Towards algorithmic BIM networks: the integration of BIM databases with generative design.** Cadernos de pós-graduação em arquitetura e urbanismo FAU MACKENZIE. v.8 nº1. 2008

ARGAN. Giulio. **Projeto e destino**. São Paulo: Ática. 2004

BAMFORD, Greg. **From analysis/synthesis to conjecture/analysis: a review of Karl Popper's influence on design methodology in architecture**. Design Studies 23. 2002. p.245-261

BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria Geral dos Sistemas. Fundamentos, desenvolvimento e aplicações.** 5ª edição. Petrópolis, RJ: Editora Vozes. 2010

BOUTTÉ, Franck. **Dispositifs durables : 80 projets européens. Architecture = Durable.** Catálogo da Exposição. 2008 Disponível em http://www.pavillon-arsenal.com/expositions/thema_modele.php?id_exposition=198. Acessado em 05 de fevereiro de 2011.

BRUNTLAND, Gro Harlem. **Our Common Future.** The World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, Oxford, UK. 1987

BUCHANAN, Richard. **Wicked Problems in design thinking.** Design Issues: Vol VIII, Number 2 Springer, 1992.

CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação.** São Paulo: Editora Cultrix. 1997.

_____. **A teia da vida. Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 2006.

CROASDELL, David T.; FREEMAN, Lee A.; URBACZEWSKI, Andrew. **Concept Maps for Teaching and Assessment.** Communications of the Association for Information Systems, Volume 12 , Number 1 Article 24, 2003

CHARNLEY, F et al., **Exploring the process of whole system design**, Design Studies, 2010. doi:10.1016/j.destud.2010.08.002

CHECKLAND, Peter. **Soft systems methodology: A thirty year retrospective.** Systems Research and Behavioral Science, 17 S11-S58. 2000.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum.** 2. Ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

CROSS, Nigel. **Forty years of design research**. Design Studies Vol 28 No. 1. January, 2007

DAELLENBACH, Hans G.; MCNICKLE, Donald C. **Management science. Decision making through systems thinking.** Nova York: Palgrave Macmillan, 2005.

DARKE, Jane. The primary generator and the design process. em CROSS, Nigel (ed) 'Developments in Design Methodology', John Wiley & Sons, Inc., 1984. p. 175-188

DORST, Kees. **Design Problems and Design Paradoxes**. Design Issues: V. 22, N° 3 . 2006

_____. **Design research: a revolution-waiting-to-happen**. Design Studies, 29. 2008. p.4-11

FEGHALI, Maria Elisa ; LASSANCE, G. **Conceitos como 'ponte' entre análise e projeto.** Arquiteturarevista (UNISINOS), v. 2, 2006.

FENZL, Norbert. **A Sustentabilidade de Sistemas Complexos: conceitos básicos para uma ciência do desenvolvimento sustentável: aspectos teóricos e práticos**. Belém: NUMA/UFPA, 2009.

FIKSEL, Joseph. **Designing resilient, sustainable systems**. Envirnmental Science & Technology. Vol 37, Nº 23. 2003.

FLORIO, Wilson. **Modelagem paramétrica, criatividade e projeto: duas experiências com estudantes de arquitetura**. Revista Gestão e Tecnologia de Projetos, Volume 6, Número 2, Dezembro, 2011.

FREITAS, Lima de; MORIN, Edgar; NICOLESCU, Basarab. **Carta da Transdisciplinaridade.** Primeiro Congresso Mundial de Transdisciplinaridade. Convento de Arrábida, Portugal, novembro, 1994. Disponível em: http://caosmose.net/candido/unisinos/textos /textos/carta.pdf. Acessado em novembro de 2011.

GABRIEL, Paulo Henrique Ribeiro; DELBEM, Alexandre Cláudio Botazzo. **Fundamentos de Algoritmos Evolutivos**. Disponível em:http://www.icmc.usp.br/~biblio/BIBLIOTECA/not_did/ND_075.pdf.pdf. 2008. Acesso em julho de 2011.

GRILLO, Antonio C.D.. **Funcionalismo complexo: funcionalismo, arquitetura e ciência naturais**. In: IV Colóquio de pesquisas em habitação: Coordenação modular e mutabilidade, 2007, Belo Horizonte.

GUIMARÃES, Roberto P. **O desafio político do desenvolvimento sustentado**. Foro sobre el desarrollo sostenible y la reforma del Estado em America Latina y el Caribe, Colégio de México e PNUMA/ONU, abril, 1994.

HARRIS, Andres. Biommetics. Structure Optimisation_Cancellous Bone Tissues: High Strength to Weight ratio. Disponível em: http://www.andres.harris.cl/?page_id=32. Acesso em fevereiro de 2011

HEYLIGHEN, Francis; JOSLYN, Cliff. **Cybernetics and Second-Order Cybernetics**. In: R.A. Meyers (ed.), Encyclopedia of Physical Science & Technology (3rd ed.), New York: Academic Press, 2001

HIDALGO, A. Architecture = Durable. Catálogo da Exposição. Disponível em http://www.pavillon-arsenal.com/expositions/thema_modele.php?id_exposition=198. 2008

HILLIER, B; MUSGROVE, J; O'SULLIVAN, P. **Knowledge and design**, in MITCHELL, W J. Environmental design: research and practice 2, Proceedings of the EDRA 3/AR 8 Conference. 1972.

HJORTH, Peder; BAGHERI, Ali. **Navigating towards sustainable development: A system dynamics approach**. Futures 38, 74–92. 2006

HOLL, Steven. Hybrid Buildings. em PER, Aurora Fernández; MOZAS, Javier; ARPA, Javier. **This is Hybrid. An analysis of mixed-use buildings by a+t.** Editora: a + t architecture publishers. Vitória-GAsteiz, Espanha. 2011

ISOLDI, Rosilaine André; SATTLER, Miguel. A.. **Projeto Ecológico: interfaces entre sustentabilidade e arquitetura.** Anais do II Seminário sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura - Projetar 2005. Rio de Janeiro, RJ: PROARQ/UFRJ, 2005.

ISON, R. L.; MAITENY, P. T.; CARR, S. **Systems methodologies for sustainable natural resources research and development.** Agricultural Systems, Vol. 55. No. 2. p. 257-272. 1997.

JACKSON, Michael C. **Systems Thinking: creative holism for managers**. West Sussex-England: John Wiley and Sons, 2003.

JACOBI, Pedro. **Educar para a Sustentabilidade: complexidade, reflexividade, desafios**. Revista Educação e Pesquisa- vol. 31/2- FEUSP. 2005.

JONES, John Christopher Jones. **Design Methods**. Nova York: John Wiley and Sons. 1970.

JUTLA, Rajinder Singh. **Christopher Alexander's design theory from notes on the synthesis of form to a pattern language**. Design Methods: Theories, Research, Education and Practice. Vol.27. No.4. Dezembro. 1993.

KALAY, Yehuda E. **Performance-based design**. Automation in Construction, n° 8, 1999. p.395–409.

LARA, Fernando Luiz. **Ambiente Fecundo. A urgência da sustentabilidade como janela de oportunidade para a arquitetura.** Revista AU. Edição 179. Fevereiro 2009a. p.58-60

_____. *Sustentabilidade e Ensino de Projeto: Desafios e Oportunidades*. IV Projetar 2009. São Paulo. 2009b.

LASSANCE, Guilherme Carlos. **O projeto como argumento: consequências para o ensino e para a pesquisa em arquitetura**. In: DUARTE, Cristiane R; RHEINGANTZ, Paulo A; AZEVEDO, Giselle; BRONSTEIN, Lais. O lugar do projeto: no ensino e na pesquisa em arquitetura e urbanismo. Rio de Janeiro: Contra Capa Livraria, 2007. p. 313-322

LAWSON, Bryan R. **Cognitive strategies in architectural design**. Ergonomics, 1979, vol. 22, n°1, p. 59-68.

LEED, Leadership in Energy & Environment Design. Reference Guide for New Construction & Major Renovations (LEED – NC). Version 2.1, Maio, 2003

LIMA, Gustavo da. **O discurso da sustentabilidade e suas implicações para a educação.** Ambiente e Sociedade. vol.6 no.2 Campinas. Julho/Dezembro. 2003

MADGE, Pauline. **Ecological Design: A New Critique**. Design Issues 13:2, Summer, 1997

MANZINI, Ezio. **Design, Environment and Social Quality: From "existenzminimum" to "quality maximum".** Design Issues: Volume10 , Number 1 p. 7-43, 1994

_____. **Design for sustainability. How to design sustainable solutions**. Milão: DIS INDACO Departament, Politécnico di Milano, 2006. Disponível em: www.sustainable-everyday.net/manzini.

_____. **Systems capable of envolving**. Milão: DIS INDACO Departament, Politécnico di Milano, 2008. Disponível em: www.sustainable-everyday.net/manzini.

MAHFUZ, Edson da Cunha. **Ensaio sobre a razão compositiva. Uma investigação sobre a natureza das relações entre as partes e o todo na composição arquitetônica**. Ed. UFV/AP. 1995.

MARGOLIN, Victor. **Design for a sustainable World**. Design Issues: volume 14, n°2, Summer 1998.

MASSARA, Bruno. **Arquitetura Durável nas Metrópoles: uma abordagem crítica da sustentabilidade nos projetos urbanos.** Disponível em http://www.territorios.org/duravel.html. Acessado em: janeiro de 2011

MATURANA, Humberto R.; VARELA, Francisco J. **A árvore do conhecimento. As bases biológicas da compreensão humana**. São Paulo: Palas Athena, 2001.

MCCORMACK, J.; DORIN, A.; INNOCENT, T. **Generative Design: a paradigm for design research** in Redmond, J. et. al. (eds) Proceedings of Futureground, Design Research Society, Melbourne. 2004

MOISSET, Ines. **Investigar y proyectar: fronteras híbridas**. IV PROJETAR 2009. Projeto como investigação: ensino, pesquisa e prática. São Paulo: FAU-UPM. 2009

MONTANER, Joseph Maria**.** *Sistemas arquitetônicos contemporâneos*. Barcelona: Editora Gustavo Gilli. 2009.

MEURER, Bernd. **The transformation of design.** Design Issues: volume 17, n°1, winter 2001, p.44-53

MITCHELL William J. **Constructing Complexity.** Computer Aided Architectural Design Futures, springer, 2005. p. 41-50.

MONTANER, Josep Maria. **Depois do movimento moderno. Arquitetura da segunda metade do século XX.** Editorial Gustavo Gilli, SL, Barcelona. 2001

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina. 3ª edição. 2007.

_____. **Por uma reforma do pensamento**. In: PENA-VEGA, Alfredo; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. **O pensar complexo**. Rio de Janeiro: Garamound, 2010. p. 27-34.

MOURA. Eduardo Souto de. **A boa arquitetura é, necessariamente, sustentável**. Entrevista Publicada originalmente no suplemento Babelia de El Pais, edição de 30 de junho de 2007, sob o título "La buena arquitectura lleva implícito el ser sostenible". Revista Vivercidades. Disponível em: http://www.vivercidades.org.br/publique_222/web/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1285&sid=19. Acesso em dezembro 2008

NARDELLI, Eduardo Sampaio. **Arquitetura e projeto na era digital**. Arquiteturarevista, Vol. 3, n° 1,pg 28-36, janeiro/junho, 2007. Disponível em:

http://www.arquiteturarevista.unisinos.br/pdf/ART03_Nardelli.pdf. Visitado em janeiro de 2011

OLIVEIRA, Marina Rodrigues. FABRICIO, de Márcio Minto. **Ensino de projeto de Arquitetura aliado às tecnologias de modelagem.** Cadernos do PROARQ. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. N°17, dez. 2011, p.113-125.

OYOLA, Olavo Escorcia. **Anatomía y fisiología de la edificación: Una manera de entender los edificios para su diseño y construcción**. (Ensayo). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, Escuela de Arquitectura y Urbanismo. 2008.

OXMAN, Rivka. **Theory and design in the first digital age**. Design Studies, 27, p. 229 a 265, 2006.

_____. **Performance based Design: Current Practices and Research Issues**. Journal of Architectural Computing Vol. 6 Issue 1. 2008a. pp. 1-17.

_____. **Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge,models and medium**. Design Studies Vol 29 No. 2 março, 2008b.

PALAZZO, Lam. **Complexidade, Caos, Auto-organização**. Oficina de Inteligência Artificial III - Anais. Pelotas. RS, pg 49-67, 1999

PALIWAL, Pramod. **Sustainable development and systems thinking: A case study of a heritage city. International Journal of Sustainable Development & WorldEcology**. N° 12, pg. 213-220, 2005

PER, Aurora Fernández; MOZAS, Javier; ARPA, Javier. **This is Hybrid. An analysis of mixed-use buildings by a+t.** Editora: a + t architecture publishers. Vitória-GAsteiz, Espanha. 2011

POPPER, Karl. **The Logic of Scientific Discovery.** Londres: Taylor & Francis e-Library, 2005

PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO. Universidade Vila Velha. 2011.

RHEINGANTZ, Paulo Afonso. **Por uma arquitetura da autonomia: Bases para renovar a pedagogia do Atelier de Projeto de Arquitetura.** Revista ARQTEXTO. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Ano IV, n.1, 2005.

SALGADO, Mônica Santos. **Projeto integrado-caminho para a produção de edificações sustentáveis: a questão dos Sistemas Prediais**. ENTAC 2008. Fortaleza. 2008

SALINGAROS, Nikos. A. **The structure of pattern languages.** Architectural Research Quarterly volume 4, p. 149-161, 2000.

SCHON, Donald. **The reflective pratictioner. How professional think in action**. Basic Books, 1983.

_____ . **Educando o Profissional Reflexivo.** Um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SCHON, D e WIGGING, G. **Kinds of seeing and their functions in designing**. Design Studies Vol 13, Nº2, pp. 135-156 ,1992.

SEQUEIRA, João. **A concepção arquitectónica como processo: o exemplo de Christopher Alexander.** Revista Lusofona de Arquitectura e Educação nº 01, 2007. Disponível em: http://recil.grupolusofona.pt/bitstream/handle/10437/375/Arq_concepcao_joao_sequeira.pdf?sequence=1.

SILVA, E. **Sobre a renovação do conceito de projeto arquitetônico e sua didática**. In COMAS COMAS, Carlos E. (Org.) Projeto Arquitetônico – disciplina em crise, disciplina em renovação. São Paulo: Projeto, 1986.

SIMON, Herbert**. The structure of ill-structured Problems**. em 'Developments in Design Methodology', N. Cross (ed.), John Wiley & Sons, Inc., 1984, p. 146-166

_____. **The sciences of the artificial.** The MIT Press.Cambridge, Massachusetts, 1996.

STEADMAN, Philip. **The evolution of designs: biological analogy in architecture and the applied arts. Nova York:** Taylor & francis. 2008.

TAVARES, Romero. **Construindo mapas conceituais**. Ciências & Cognição; Vol 12: 72-85, 2007

TRAPANO, Patrizia di; BASTOS, Leopoldo E. G. Edifício cidade nova – RJ: uma discussão sobre certificação leed e resultado formal em clima quente úmido. VII ELACACA – Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Constrído. Buzios, Rio de Janeiro. 2011

US GREEN BUILDING COUNCIL – USGBG. **LEED 2009 for new construction and major renovations.** Novembro, 2009 (revisado em outubro 2010)

VASCONCELLOS, Maria José Esteves de. **Pensamento sistêmico: O novo paradigma da ciência**. Campinas, SP: Papirus, 2002

WHOLE BUILDING DESIGN. U.S. Department of Energy. http://www1.eere.energy.gov/buildings/commercial/whole_building_design.html. 2009. Acesso em Julho 2011

WOODBURY, Robert. **Elements of parametric design.** Nova York. Taylor & francis. 2010

YEANG, Ken. **Ecodesign. A manual for ecological design**. John Wiley & Sons. 2006.

ZAMBRANO, Letícia Maria de Araújo. **Integração dos princípios de sustentabilidade ao processo de arquitetura.** Tese (doutorado em arquitetura). Rio de Janeiro: UFRJ/FAU/PROARQ. 2008

ZENG, Y.; CHENG, G. D. **On the logic of design**, Design Studies, Vol. 12, No. 3, 1991. p. 137-141.

ZEVI, Bruno. **Saber Ver a Arquitetura**. Martins Fontes. São Paulo. 2000

ZUO, Qun; LEONARD, Wesley, MALONEBEACH, Eileen. **Integrating performance-based design in beginning interior design education: an interactive dialog between the built environment and its context**. Design Studies, 31, 2010. p. 268 - 287

ANEXOS

Questionário de avaliação da disciplina.

Caro aluno, suas respostas serão valiosas para sabermos se a metodologia desenvolvida no Ateliê contribuiu para sua aprendizagem e para que possamos melhorar os pontos deficientes da metodologia para os próximos alunos que vierem. Sua contribuição é extremamente valiosa, então dedique um tempo, com calma, para responder este questionário. Seja bastante franco em suas respostas, você não precisa se identificar.

- Você acha que a metodologia utilizada no Ateliê III se difere da metodologia de ensino utilizada nos Ateliês anteriores? Por quê?
- Você acha que a metodologia utilizada no Ateliê III contribuiu para sua aprendizagem sobre o projeto de arquitetura, especificamente o projeto de edifícios verticais? Por quê?
- Você acha que a metodologia utilizada no Ateliê III contribuiu para uma melhor compreensão da totalidade do edifício? Ou seja, para a compreensão das relações existentes entre os diversos componentes do edifício? Por quê?
- Se a resposta da pergunta anterior for positiva, indique quais exercícios te possibilitaram estabelecer estas relações?
- Você acha que o Ateliê III contribuiu para ampliar sua compreensão da relação entre a arquitetura e a cidade? Por quê?
- Você acha que o Ateliê III contribuiu para seu entendimento sobre o conceito "sustentabilidade"?
- Você acha que seu entendimento sobre este conceito mudou após o Ateliê III? Por quê?
- Tendo em vista as discussões elaboradas no Ateliê III, o que significa agora para você um "edifício sustentável"?
- De todas as etapas desenvolvidas pelo Ateliê III qual você encontrou mais dificuldade? Por quê?
- De todas as etapas desenvolvidas pelo Ateliê III qual você mais gostou? Por quê?
- De todas as etapas desenvolvidas pelo Ateliê III qual você menos gostou? Por quê?
- O que você acha que poderia ser alterado na metodologia de ensino desenvolvida no Ateliê III? Por quê?

- Nosso primeiro exercício do Ateliê consistiu na elaboração de MAPAS CONCEITUAIS. O mapa conceitual atua, portanto como um instrumento eficiente para a compreensão por parte do professor de como os conceitos apresentados são absorvidos pelo aluno e como eles estão organizados em sua estrutura cognitiva. Isso permite um maior diálogo entre o que é ministrado e o que é aprendido. Para o aluno, o mapa conceitual atua como um instrumento de construção de conhecimento, ficando neste momento claro para si suas dificuldades de entendimento do assunto.
- Qual sua opinião sobre este exercício. Você acha que construir um mapa conceitual, por exemplo, sobre "edifício híbrido" te ajudou a entender melhor os conceitos relacionados a esta tipologia? Por quê?
- Em nosso segundo exercício, o módulo PROPOSIÇÃO, foi solicitado que vocês elaborassem situações ideais para o contexto analisado e a partir dessas situações ideais que vocês refletissem, através de modelos conceituais, sobre o que deveria ser feito no projeto para alcançar tais situações ideais, verificando se seriam viáveis no mundo real, o que os direcionou para a elaboração das diretrizes de projeto. Qual sua opinião sobre este exercício?
- Qual sua opinião sobre o exercício de construção do diagrama de ORGANIZAÇÃO do edifício. a)Você acha que ele te ajudou a elaborar o partido? Porquê? b)Você acha que ele te ajudou a entender as relações entre as partes do edifício? Por quê?
- Na elaboração do partido iniciamos nosso processo de projeto através da confecção de uma maquete física, verificando a adequação entre forma, implantação e o contexto, onde trabalhamos extensivamente com a relação entre a maquete e o entorno. Qual sua opinião sobre esta metodologia (projetar através da maquete)?
- Após a definição do partido arquitetônico, entramos em um processo de decomposição do edifício em várias partes funcionais e trabalhamos o detalhamento de cada uma dessas partes. Assim novas informações foram inseridas durante a composição do edifício, como por exemplo, informações sobre elevadores, saídas de emergência, garagens, etc. O nível de detalhamento do projeto foi gradualmente ampliado a partir das informações recebidas pelo professor, onde cada nova informação possibilitava um maior detalhamento do projeto. Por exemplos na definição do partido inicial do projeto, vocês não haviam recebido informações sobre como seria o desenho e o numero de elevadores necessário, nem tiveram, por exemplo, nenhuma informação sobre saídas de emergência. Qual sua opinião sobre o

aprendizado do projeto através dessa metodologia? Você acha que aprendeu mais rápido e de uma maneira eficiente ou preferiria ter recebido todas as informações sobre um edifício vertical antes do início do projeto? Porquê

- Você acha que a utilização das ferramentas gráficas digitais escolhidas para o Ateliê III, especificamente o *Revit Architecture* contribuiu para sua aprendizagem sobre o projeto de arquitetura e melhor compreensão do edifício? Por quê?
- Você continuará a utilizar o *Revit Architecture* no desenvolvimento de projetos dos próximos Ateliês? Ou preferirá optar por outros softwares, como por exemplo, o CAD? Por quê?