CIBERSEMIÓTICA E PROCESSOS DE PROJETO: METODOLOGIA EM REVISÃO

GILFRANCO MEDEIROS ALVES

ORIENTADORA: DRA. ANJA PRATSCHE

INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

SÃO CARLOS, 2014.

GILFRANCO MEDEIROS ALVES

CIBERSEMIÓTICA E PROCESSOS DE PROJETO:
METODOLOGIA EM REVISÃO

Tese apresentada ao Instituto de
Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em
Arquitetura e Urbanismo

Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo

Área de Concentração: Teoria e
História da Arquitetura e
Urbanismo

Orientadora: Dra. Anja Pratschke

São Carlos – 2014.

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E-MAIL DO AUTOR: gilfranco.alves@ufms.br

A474c Alves, Gilfranco
 Cibersemiótica e processos de projeto: metodologia
 em revisão / Gilfranco Alves; orientadora Anja
 Pratschke. São Carlos, 2014.

 Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo e Área de Concentração em
Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo --
Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de
São Paulo, 2014.

 1. processos digitais de projeto. 2.
Cibersemiótica. 3. Cibernética. 4. Semiótica. 5.
arquitetura contemporânea. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Arquiteto e Urbanista **Gilfranco Medeiros Alves**

Título da tese: "Cibersemiótica e processos de projeto: metodologia em revisão"

Data da defesa: 31/10/2014

Comissão Julgadora:Resultado:

Profa. Dra. Anja Pratschke (Orientadora)
(Instituto de Arquitetura e Urbanismo IAU/USP)

APROVADO AP

Profa. Dra. Maria Gabriela Caffarena Celani
(Universidade de Campinas - UNICAMP)

aprovado mgc

Prof. Dr. Caio Adorno Vassão
(Fundação Armando Álvaro Penteado - FAAP)

Aprovado CV

Prof. Assoc. José dos Santos Cabral Filho
(Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG)

aprovado JSC

Prof. Dr. David Moreno Sperling
(Instituto de Arquitetura e Urbanismo IAU/USP)

Aprovado DS

Coordenador e Presidente da Comissão de Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: Prof. Assoc. **Márcio Minto Fabrício**

DEDICATÓRIA

À Juliana e ao Tom,

Pela inspiração, pelo suporte que me deram durante o período de pesquisa e escrita da tese e por tudo o que significam na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Às pessoas e instituições que de algum modo me ajudaram a percorrer este caminho.

À FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento da pesquisa, sem o qual este trabalho não teria sido possível.

À USP, Universidade de São Paulo, seus professores, funcionários e colegas, por me oferecer plenas condições de desenvolvimento para a minha pesquisa.

À minha orientadora, Anja Pratschke, por sua generosidade e por tudo o que me ensinou e compartilhou comigo, permitindo e incentivando minha evolução como pesquisador e como ser humano.

Ao *Nomads.usp*, por me acolher e me possibilitar sentir como é fazer parte de um grupo de pesquisa em amplo sentido. Em especial, Marcelo Tramontano, Anja Pratschke, Varlete Benevente, Marta Tessarin e os colegas com os quais tive o prazer de trabalhar e colaborar, Denise Mônaco, Cynthia Nojimoto, Fábio Queiroz, Felipe Anitelli, Mayara Dias de Souza, Maria Cecília Tavares, Flávio Januário, Daniel Paschoalin, Priscilla Marqueto, Luciana Roça, João Paulo Soares, Sandra Soster, Anelise Ventura, Vítor Sanches, Theodoro Oliveira, Raimundo Santos, Júlio César Martins, Alison Nasario, Thais Martarelli, Natalia Thomsem e Diogo Costa Pinto.

Ao *Hyperbody* e à *TU Delft*, na Holanda, por terem me recebido e possibilitado outras visões de mundo e outros olhares para minha pesquisa. Em especial, Kas Oosterhuis, Nimish Bioria, Henriette Bier, Verónika Laszló, e os colegas Sina Mostafavi, Jia-Rey Chang e Iki Ku pelo carinho e atenção. Thank you very much!

Ao Professor Søren Brier, da *CBS - Copenhagen Business School*, em Copenhagen, pela entrevista a mim concedida, pelo material que me forneceu e pelo incentivo em relação aos caminhos transdisciplinares que escolhi percorrer. Takket være en masse!

Ao Professor Alberto Estevez, da *ESARQ – Escola Técnica Superior d'Arquitectura, da UIC-Universitat Internacional de Catalunya*, em Barcelona, pela entrevista, pelos livros e por compartilhar comigo sua visão de arquitetura biodigital. Muchas gracias!

Ao *AA Visiting School Brazil*, especialmente Franklin Lee e Anne Save de Beaurecueil, por toda a experiência permitida pelos *workshops*, e aos professores e tutores Rob Stuart-Smith, Affonso Orcioli, Thiago Mundim, Ernesto Bueno, Arthur Mamou-Mani, Sandro Tubertini, Yoo Jin, Victor Sanderberg, Lucas de Sordi, Lawrence Friesen, Helen Sakano, Julio Radesca, Stella Dourtme e

Toru Hasegawa, muito obrigado - thank you so much! Um agradecimento especial aos colegas que participaram da concepção do *Strings Pavilion*, Humberto da Mata e Rafael Ardjomand e muito especialmente, Cynthia Nojimoto e Flávia Santos, também parceiras no desenvolvimento do *Supple Pavilion*. Também gostaria de agradecer aos colegas que de algum modo contribuíram para meu desenvolvimento dentro do processo ocorrido nos *workshops* da *Architectural Association*. São eles, Jéssica Castelari, Gabriela Carneiro, Isabela Ferrante, Josey Nagaïassu e Bella Micheletto Lima, que gentilmente me apresentou as instalações da AA em Londres.

Ao amigo Lucas de Sordi pela visita guiada ao IaaC, *Institute for Advanced Architecture of Catalonia*, em Barcelona.

Aos professores Gabriela Celani, Mauro Chiarella, Ciro Najle, José Riper Kós e David Sperling, que ajudaram a realinhar alguns aspectos da tese no primeiro *PhD workshop* realizado no *XVII Sigradi* em Valparaíso, Chile.

À UFMS, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em especial Eluiza Ghizzi, Hélio Godoy de Souza e Andrea Naguissa Yuba pelo apoio, e aos colegas com os quais tenho convivido e trocado experiências relacionadas à minha pesquisa, Juliana Trujillo, Adriano Lima, Rodrigo Makert e Gabriel Gonçalves.

Ao *algo+ritmo*, que começa a se estruturar e que, finalizada esta etapa da minha vida, configura-se como grupo de pesquisa a ser potencializado, junto ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMS.

Aos amigos - mais do que colegas de profissão, com quem me socorri nas horas mais difíceis da elaboração da tese, Daniel Paschoalin, Gabriela Carneiro, Joana Barros e, sobretudo, Juliana Trujillo.

Por fim, mas não menos importante, à família Alves, especialmente meus pais Francisco e Gilka, à família Trujillo, especialmente Marco e Vevé, e à família Couto Pimentel, especialmente Dinho e Betinha, pelo apoio incondicional em todos os momentos.

À todos, mais uma vez, muito obrigado!

“O autismo da singularidade fechada em seu si não convém ao que emerge das relações contraditórias de produção: cada ator introduz sua leitura – e o sentido desses vestígios é constantemente remetido ao presente, alimenta contradições renovadas. Só o tratamento como signo responde ao que provém e se dirige ao coletivo.”

Sérgio Ferro, *Questões de método*, 1996.

RESUMO

A tese propõe uma abordagem cibersemiótica para processos de projeto a partir da perspectiva da mediação digital e de suas relações com a arquitetura contemporânea. Apresenta uma revisão dos processos digitais de projeto, com base na constatação de que a atuação de arquitetos e *designers*, em função dos modos de vida contemporâneos, passa a exigir atualmente uma postura diferenciada em relação ao gerenciamento das informações, assim como uma reflexão crítica em relação ao método projetivo utilizado na arquitetura da era digital. A tese utiliza como fundamentação teórica, os principais referenciais que tratam da Cibersemiótica, conforme proposta pelo filósofo dinamarquês Søren Brier, e de suas duas bases conceituais: a Semiótica de Charles Sanders Peirce e a Cibernética de Segunda Ordem, proposta por Heinz von Foerster. A tese propõe uma estrutura (*framework*) para análise de projetos a partir do olhar cibersemiótico, assim como propõe também uma estrutura (*framework*) para os próprios processos digitais de projeto. O trabalho é dividido em duas partes. A primeira parte, aborda processos de concepção e de produção digitais e as teorias utilizadas como fundamentação. Também define o quadro contextual que compara alguns projetos selecionados no recorte proposto e propõe uma estrutura de análise cibersemiótica destas referências. A segunda parte, apresenta estratégias para projeto digitais e propõe uma estrutura cibersemiótica para processos digitais de projeto. Acredita-se que a relevância da contribuição da tese se dá na direção da expansão do paradigma teórico cibersemiótico assim como na sua capacidade de potencializar processos digitais de projeto. Se outras espacialidades e interconexões deverão surgir a partir da atualização dos níveis de comunicação estabelecidos entre os diferentes sistemas, e de novos desafios sociais e culturais, é imprescindível que os arquitetos estejam atentos à compreensão das teorias e dos processos que estão disponíveis, para a otimização de todo o seu potencial de projeto na busca por ampliar as possibilidades para a Arquitetura e Urbanismo.

Palavras-chave: processos digitais de projeto; cibersemiótica; cibernética; semiótica; arquitetura contemporânea.

ABSTRACT

The thesis explores the Cibersemiotic approach to design processes from the perspective of digital mediation and its relationship with contemporary architecture. It presents a review of existing digital design processes, based on the assumption that the practice of architects and designers, according to the contemporary modes of life, currently requires a different position in relation to the management of information, as well as a critical reflection on the design methods used in the architecture of the digital age. The thesis' theoretical foundation is based on the Cibersemiotic work produced by the Danish philosopher Søren Brier, which unifies two important conceptual frameworks: the Semiotics by Charles Sanders Peirce and the Second Order Cybernetics proposed by Heinz von Foerster. The thesis proposes a structure (or framework) to analyze existing designs from the cibersemiotic point of view, as well as a structure (or framework) for the digital design processes themselves. The work is presented in two parts. The first examines the digital processes and production as well as the theories they are based on. This part also presents the theoretical context for the structure (or framework) used to analyse selected existing designs and introduces the framework. The second part presents strategies for digital design and proposes the cibersemiotic framework for digital design processes. It is believed the thesis contributes towards the expansion of the Cibersemiotic theoretical paradigm as well as provides a working framework for the increasingly complex processes of digital design. Assuming other spatialities and interconnections will arise from the update levels established from communication between different systems as well as new social and cultural challenges, it is essential that architects are aware of available theories and processes for optimizing design potential and expand the possibilities for Architecture and Urbanism.

Keywords: digital design processes; cibersemiotics; cybernetics; semiotics; contemporary architecture.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
PARTE I.....	18
INTRODUÇÃO	19
CAPÍTULO 1.....	23
[O PARAMÉTRICO]	
INTRODUÇÃO	24
1.1. A PROGRAMAÇÃO COMO PROCESSO DE COMUNICAÇÃO E COGNIÇÃO	25
1.2. PROCESSOS DE PROJETO PARAMÉTRICO (<i>PARAMETRIC DESIGN</i>).....	30
1.3. PROTOTIPAGEM RÁPIDA E FABRICAÇÃO DIGITAL.....	39
1.4. MEDIAÇÃO DIGITAL: DA REPRESENTAÇÃO À PERFORMANCE.	44
1.5. ESTADO DA ARTE: XXPERIMENTAÇÕES COM PAVILHÕES	51
1.6. ANÁLISE DE PROJETOS: BASE METODOLÓGICA E CRITÉRIOS	54
1.7. PROJETOS SELECIONADOS PARA ANÁLISE	55
1.8. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PAVILHÕES ANALISADOS.	73
CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 1	75
CAPÍTULO 2	76
[O ALGORÍTMICO]	
INTRODUÇÃO	77
2.1. EMERGÊNCIA.....	79
2.2. <i>UMWELT</i>	82
2.3. <i>AUTOPOIÉISIS</i>	84
2.4. BIO-INSPIRAÇÃO E MORFOGÊNESE DIGITAL	89
2.5. EM DIREÇÃO À EVOLUÇÃO: PROCESSOS GENERATIVOS E ALGORITMOS EVOLUTIVOS.....	93
2.6. GRAMÁTICAS DA FORMA (<i>SHAPE GRAMMARS</i>)	99
2.7. ESTADO DA ARTE: PROCESSOS GENERATIVOS E EXPERIMENTAÇÕES COM BIO-INSPIRAÇÃO	104
2.8. ANÁLISE DE PROJETOS: BASE METODOLÓGICA E CRITÉRIOS	108
2.9. PROJETOS SELECIONADOS PARA ANÁLISE	110
2.10. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PAVILHÕES ANALISADOS	129
CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 2	130
CAPÍTULO 3	
[CIBERNÉTICA + SEMIÓTICA = CIBERSEMIÓTICA]	132
INTRODUÇÃO	133
3.1. CIBERNÉTICA: A OBSERVAÇÃO E O CONTROLE DOS SISTEMAS.....	135
3.2. A SEMIÓTICA DE PEIRCE: OBSERVAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DOS FENÔMENOS	142
3.3. A CIBERSEMIÓTICA: SISTEMAS SEMIÓTICOS DE SEGUNDA ORDEM.	154
3.4. ANÁLISE DE PROJETOS A PARTIR DA CIBERSEMIÓTICA: BASE METODOLÓGICA E CRITÉRIOS.	162
CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 3	173

PARTE II	175
CAPÍTULO 4	
[OUTROS PARÂMETROS: POR UMA ARQUITETURA MAIS INTERATIVA A PARTIR DA MEDIÇÃO DIGITAL]	176
INTRODUÇÃO	177
4.1. ATORES CONECTADOS EM REDE (<i>ACTOR-NETWORK THEORY</i>)	181
4.2. COMPORTAMENTO EM BANDO/ENXAME (<i>SWARM BEHAVIOUR</i>)	186
4.3. SISTEMAS DE AGENTES MÚLTIPLOS (<i>MULTIPLE AGENT SYSTEMS</i>) E SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS (<i>COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS</i>)	191
4.4. O PROJETO ENQUANTO JOGO INTERATIVO: COLABORAÇÃO DIGITAL EM TEMPO REAL	195
4.5. JOGOS DIGITAIS E ARQUITETURA: ESPACIALIZAÇÃO, INTERATIVIDADE E ESTRATÉGIA.	200
4.6. PROJETAR JOGANDO: UMA BRINCADEIRA SÉRIA	209
4.7. PARAMETRIZANDO O SOCIAL: <i>INPUTS</i> DE ORDEM SOCIOCULTURAL.	218
CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 4	224
CAPÍTULO 5	
[UMA PROPOSTA CIBERSEMIÓTICA	227
PARA PROCESSOS DIGITAIS DE PROJETO]	227
INTRODUÇÃO	228
5.1. POR UMA ABORDAGEM CIBERSEMIÓTICA PARA PROCESSOS DIGITAIS DE PROJETO	231
5.2. DE UEXKÜLL À PASK: A CONVERSAÇÃO APLICADA EM PROCESSOS DIGITAIS DE PROJETO.	238
5.3. UMA ESTRUTURA CIBERSEMIÓTICA PARA PROCESSOS DIGITAIS DE PROJETO	246
CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 5	258
CONCLUSÕES	260
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS UTILIZADAS NA INTRODUÇÃO	266
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS UTILIZADAS NO CAPÍTULO 1	267
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS UTILIZADAS NO CAPÍTULO 2	269
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS UTILIZADAS NO CAPÍTULO 3	271
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS UTILIZADAS NO CAPÍTULO 4	274
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS UTILIZADAS NO CAPÍTULO 5	277
GLOSSÁRIO	279

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: PROJETO DE HOTEL EM DUBAI INSPIRADO PELA	2
FIGURA 2: TELEPRESEÇA SOCIAL. JAMES AUGER E JUMMY LOIZEAU	7
FIGURA 3: PETER GRIC: “SYNCRONIZATION”	9
FIGURA 4: MODELOS COMPUTACIONAIS SEGUNDO OXMAN (2006)	20
FIGURA 5: MODELO COMPUTACIONAL SEGUNDO KOTNIK (2010)	21
FIGURA 6: CELULAR AUTÔMATA: PROCESSING.	28
FIGURA 7: HOMEOSTATO DE ASHBY	29
FIGURA 8: O SKETCH PAD DE SUTHERLAND	31
FIGURA 9: GEOMETRIAS COMPLEXAS: RHINO + GRASSHOPPER	33
FIGURA 10: QUEYSANNE E THÉPOT. RECONSTRUINDO UM MAPA SEGUNDO O MÉTODO DE ALBERTI	35
FIGURA 11: ROBÔ KUKA – IAAC BARCELONA	40
FIGURA 12: LABORATÓRIO DE FABRICAÇÃO DIGITAL – AA, LONDRES	40
FIGURA 13: ESTUDO ESTRUTURAL COM MODELO REDUZIDO PARA A	42
FIGURA 14: IGREJA DA SAGRADA FAMÍLIA BARCELONA, ANTONI GAUDÍ.	42
FIGURA 15: MODELOS DIGITAIS E FÍSICOS (A PARTIR DA FABRICAÇÃO DIGITAL)	43
FIGURA 16: REPRESENTAÇÃO: PULMÃO DE RESINA - PLOTAGEM 3D ADITIVA.	45
FIGURA 17: MOVING CITIES – ARCHIGRAM	48
FIGURA 18: FUN PALACE - CEDRIC PRICE	49
FIGURA 19: MARLING, USMAN HAQUE 2012	50
FIGURA 20: PAVILHÃO DA ALEMANHA DE MIES VAN DER ROHE PARA A EXPOSIÇÃO DE BARCELONA EM 1929	53
FIGURA 21: PAVILHÃO DO JAPÃO DE TADAO ANDO NA EXPO 1992 EM SEVILHA	53
FIGURA 22: PAVILHÃO DE PORTUGAL DE ÀLVARO SIZA NA EXPO 1998.	53
FIGURA 23: PAVILHÃO DA HOLANDA DO MVRDV NA EXPO 2000 EM HANOVER.	53
FIGURA 24: PHILLIPS PAVILION EXPO BRUXELAS	55
FIGURA 25: ESQUEMA DA ENGENHARIA DE AUDIO - SISTEMA DE VARESE	55
FIGURA 26: PAVILHÃO PHILLIPS - PARABOLÓIDE HIPERBÓLICA	56
FIGURA 27: PAVILHÃO ALEMÃO EXPO MONTREAL	57
FIGURA 28: PAVILHÃO ALEMÃO NA EXPOSIÇÃO MUNDIAL DE MONTREAL	57
FIGURA 29: PRANCHA DE PROJETO	58
FIGURA 30: MAQUETE	58
FIGURA 31: MUSCLE BODY	58
FIGURA 32: MUSCLE: PRIMEIRO PROTÓTIPO - EXPOSIÇÃO NO CENTRO POMPIDOU	59
FIGURA 33: MUSCLE: SENSORES E ATIVADORES	60
FIGURA 34: MUSCLE RECONFIGURED	60
FIGURA 35: [C] SPACE PAVILION	60
FIGURA 36: MODELO DIGITAL	61
FIGURA 37: C-SPACE – MAQUETE	61
FIGURA 38: ENDESA PAVILION	62

FIGURA 39: PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	62
FIGURA 40: FACHADA INTERATIVA	63
FIGURA 41: STRINGS PAVILION	63
FIGURA 42: SCRIPT E MODELAGEM: RHINO + GRASSHOPPER	64
FIGURA 43: LOOP CIBERNÉTICO	65
FIGURA 44: DESENVOLVIMENTO DO STRINGS PAVILION	66
FIGURA 45: SUPPLE PAVILION	66
FIGURA 46: MODELO FÍSICO	67
FIGURA 47: MODELO DIGITAL	67
FIGURA 48: MODELO RESPONSIVO EM ESCALA 1:20	68
FIGURA 49: MONTAGEM DO PAVILHÃO	69
FIGURA 50: SUPPLE PAVILION RIO	69
FIGURA 51: REGRAS SIMPLES PARA GERAR COMPLEXIDADE	70
FIGURA 52: ESTRUTURA X TECIDO	71
FIGURA 53: ESTRUTURA X TECIDO	71
FIGURA 54: MONTAGEM DO PAVILHÃO	71
FIGURA 55: VERSÃO FINALIZADA DO PAVILHÃO SUPPLE RIO	72
FIGURA 56: CARDUME DE PEIXES E TUBARÕES.	86
FIGURA 57: ATRADORES - GRASHOPPER.	86
FIGURA 58: CROQUIS	89
FIGURA 59: CIDADE DAS ARTES E DAS CIÊNCIAS	89
FIGURA 60: MORFOGÊNESE BIOLÓGICA.	91
FIGURA 61: MORFOGÊNESE DIGITAL – SOFTWARE: PROCESSING	91
FIGURA 62: SISTEMA GENERATIVO	94
FIGURA 63: ALGORITMO	96
FIGURA 64: ESQUEMAS DA LINGUAGEM PRODUZIDA PELA GRAMÁTICA DA FORMA	101
FIGURA 65: AVATAR, O FILME	105
FIGURA 66: PAVILHÃO EXPERIMENTAL MARC FORNES AND THEVERYMANY BORDEN PARK THE EDMONTON ARTS COUNCIL EDMONTON, CANADA EM ANDAMENTO	107
FIGURA 67: IDEM	107
FIGURA 68: BLOOM ALISA ANDRASEK E JOSE SANCHEZ JOGOS OLÍMPICOS DE LONDRES LONDRES 2012.	107
FIGURA 69: IDEM	107
FIGURA 70: YEOSU OCEANIC PAVILION EMERGENT ARCHITECTURE + KOKKUGIA YEOSU EXPO 2010 KOREA.	107
FIGURA 71: IDEM	107
FIGURA 72: SAND BABEL: SOLAR-POWERED 3D PRINTED TOWER HONORABLE MENTION 2014 SKYSCRAPER COMPETITION QIU SONG, KANG PENGFEI, BAI YING, REN NUOYA, GUO SHEN CHINA	108
FIGURA 73: IDEM	108
FIGURA 74: STUCK TOGETHER PIECES MONAD STUDIO (ERIC GOLDEMBERG & VERONICA ZALCBERG) MIAMI USA 2014	108
FIGURA 75: IDEM	108
FIGURA 76: FRAMEWORK. ESTEVEZ	109
FIGURA 77: PARC GÜELL	110

FIGURA 78: MAPA DO PARQUE.....	110
FIGURA 79: PARK GUELL	111
FIGURA 80:GARAGEM	111
FIGURA 81: MOSAICO	111
FIGURA 82: VIRTUAL HOUSE	112
FIGURA 83: GERAÇÃO A PARTIR DA GRAMÁTICA	113
FIGURA 84: VIRTUAL HOUSE	114
FIGURA 85: VIRTUAL HOUSE	114
FIGURA 86: D-TOWER	115
FIGURA 87: D-TOWER	116
FIGURA 88: CORES DA D-TOWER	116
FIGURA 89: BLOBWALL PAVILION	117
FIGURA 90: INSTALAÇÃO COM OS BLOBS	118
FIGURA 91 – POLI SUPERFÍCIE ISOMÓRFICA	118
FIGURA 92: ROBÔ PRODUZINDO O BLOB.....	118
FIGURA 93: VARIAÇÃO DE CORES	119
FIGURA 94: I-SAW	119
FIGURA 95: I-SAW	120
FIGURA 96: I-SAW	121
FIGURA 97: TAICHUNG METROPOLITAN OPERA HOUSE.....	121
FIGURA 98: PROJETO DIGITAL: SUPERFÍCIES CURVILÍNEAS.....	122
FIGURA 99: OPERA HOUSE: EXECUÇÃO	123
FIGURA 100: PROTOTIPO	123
FIGURA 101: KNITECTONICS.....	124
FIGURA 102: MODELAGEM FÍSICA E DIGITAL.....	124
FIGURA 103: PROTÓTIPO	125
FIGURA 104: ALGORITMOS GENERATIVOS	126
FIGURA 105: SIMULAÇÃO DIGITAL DE IMPLANTAÇÃO.....	126
FIGURA 106: SILK PAVILION	127
FIGURA 107: PAINÉIS POLIGONAIS.....	127
FIGURA 108: BICHOS DA SEDA COMO IMPRESSORAS BIOLÓGICAS	128
FIGURA 109: ABERTURAS NA ESTRUTURA	128
FIGURA 110 - REPRESENTAÇÃO DE UM CÍRCULO NO GRASSHOPPER.....	134
FIGURA 111: ESTRUTURA TRIÁDICA DO SIGNO.....	146
FIGURA 112: A SEMIOSE ILIMITADA DE PEIRCE	153
FIGURA 113: ESTRELA CIBERSEMIÓTICA	160
FIGURA 114: CLASSIFICAÇÃO DO ÍCONE	167
FIGURA 115: NIMISH BILORIA: INFORMAÇÃO E MATÉRIA COMO DOIS LADOS DA MESMA MOEDA.	184
FIGURA 116: PAVILHÃO HYGROSKIN.....	185
FIGURA 117: COMPORTAMENTO DE BANDO (SWARM BEHAVIOUR).....	188
FIGURA 118: KOKKUGIA: URBANISMO SWARM.....	190
FIGURA 119: SISTEMA DE AGENTES REFLEXIVOS.....	193

FIGURA 120: SISTEMAS DE AGENTES DE APRENDIZAGEM.....	193
FIGURA 121: CONTROLE DO WII	200
FIGURA 122: COLOUR TV GAME	201
FIGURA 123: CONSOLE ATARI	201
FIGURA 124: PONG	202
FIGURA 125: PAC-MAN	202
FIGURA 126: SIMCITY	203
FIGURA 127: THE SIMS	204
FIGURA 128: SECOND LIFE	205
FIGURA 129: MOGI.....	205
FIGURA 130: CATCHBOB	206
FIGURA 131: ARCHITECTURE_ENGINE_1.0	207
FIGURA 132: ÀREA 798: LOCALIZAÇÃO	210
FIGURA 133: ESFERA URBANA DE ATUAÇÃO	210
FIGURA 134: MULTIPLAYER DESIGN STUDIO: SIMULAÇÃO FINAL.....	217
FIGURA 135: CARTAZ DO EVENTO 1.....	219
FIGURA 136: CARTAZ DO WORKSHOP 1.....	219
FIGURA 137 - METADESIGN NA PAISAGEM LOCAL - CDHU – SÃO CARLOS/SP, BRASIL.....	220
FIGURA 138: PAVILHÃO SLICE: SCRIPT GRASSHOPPER + RHINO	221
FIGURA 139: PROTÓTIPO DO PAVILHÃO SLICE EM ESCALA REDUZIDA.....	222
FIGURA 140: CONFIGURAÇÃO DE ESTRUTURA CIBERSEMIÓTICA.....	229
FIGURA 141: DIAGRAMA INICIAL PARA VERIFICAÇÃO DA HIPÓTESE	232
FIGURA 142: EVOLUÇÃO DO DIAGRAMA	233
FIGURA 143: DIAGRAMA FINAL: DESDOBRAMENTOS.....	234
FIGURA 144: UEXKÜLL: CÍRCULO FUNCIONAL DA PERCEPÇÃO	238
FIGURA 145: DIAGRAMA DA TEORIA DA CONVERSAÇÃO DE PASK.	240
FIGURA 146: DIAGRAMA DE UM SISTEMA REATIVO.....	241
FIGURA 147: DIAGRAMA DE UM SISTEMA AUTO REGULADO.....	242
FIGURA 148: DIAGRAMA DE UM SISTEMA QUE APRENDE.....	242
FIGURA 149: DIAGRAMA DE UM SISTEMA DE EQUILÍBRIO	243
FIGURA 150: DIAGRAMA DE UM SISTEMA GERENCIAMENTO E ENTRETENIMENTO	243
FIGURA 151: DIAGRAMA DE UM SISTEMA DE CONVERSAÇÃO	244
FIGURA 152: MODELO DE PROCESSO PROPOSTO POR MARKUS (1971).....	246
FIGURA 153: MAPEAMENTO DAS ETAPAS	246
FIGURA 154: MODELO DE PROCESSO	247
FIGURA 155: MAPEAMENTO PROCESSO.....	247
FIGURA 156: ESTRUTURA PARA PROCESSOS DIGITAIS DE PROJETO.....	248
FIGURA 157: PRIMEIRO NÍVEL DE AÇÃO: POSTURA IDEOLÓGICA.....	249
FIGURA 158: SEGUNDO NÍVEL DE AÇÃO: PROCESSOS DE CONCEPÇÃO E PRODUÇÃO	250
FIGURA 159: TERCEIRO NÍVEL DE AÇÃO: CONCEITOS CIBERSEMIÓTICOS.....	253
FIGURA 160: QUARTO NÍVEL DE AÇÃO: ESTRATÉGIAS.....	253
FIGURA 161: QUINTO NÍVEL DE AÇÃO: DIAGNÓSTICO 1.....	254

FIGURA 162: ABORDAGEM CIBERSEMIÓTICA	254
FIGURA 163: APRENDIZADO ENTRE SISTEMAS CIBERSEMIÓTICOS	255
FIGURA 164: CONVERSAÇÃO ENTRE SISTEMAS CIBERSEMIÓTICOS.....	256
FIGURA 165: SEXTO NÍVEL DE AÇÃO: CONVERSAÇÃO E PONTO DE CONFERÊNCIA.....	257
FIGURA 166: SÉTIMO NÍVEL DE AÇÃO: REVISÃO DA ABORDAGEM CIBERSEMIÓTICA	257
FIGURA 167: ALUNOS DA UFMS.....	263
FIGURA 168: ALUNOS DA UFMS.....	263
FIGURA 169: CORTE DOS PROTÓTIPOS.	263
FIGURA 170: PARKLET: MODELO DIGITAL E PROTÓTIPO EM ESCALA 1:20.	263

INTRODUÇÃO

Processos de projeto com mediação e produção digital são cada vez mais utilizados na Arquitetura. Inicialmente explorados apenas no auxílio à representação, os **processos digitais de projeto**¹ demonstram ser atualmente elementos fundamentais nas possibilidades de concepção, assim como na mudança dos paradigmas da própria Arquitetura (Figura 1).

FIGURA 1: PROJETO DE HOTEL EM DUBAI INSPIRADO PELA DANÇA DAS DUNAS. BARBARA LEONARDI E OLIVER DIBROVA
FONTE: <http://www.evolou.us>

O uso dos meios digitais no processo projetivo tem sido observado, experimentado e analisado por vários estudiosos e pesquisadores da Arquitetura Contemporânea, como por exemplo,

¹ De acordo com Oxman (2006), com a Exposição *Non-Standard Architectures* realizada no Centro Pompidou em Paris no ano de 2003, o conceito de projeto não-padrão, não-normativo, e não repetitivo tornou-se um grande marco teórico deste fenômeno reconhecido hoje como *digital design*, e que traduzimos como **processos digitais de projeto**. Entendemos **processos digitais de projeto** - e assim serão tratados nesta tese - aqueles relacionados à concepção arquitetônica a partir da mediação digital, focados, portanto, no ato de se projetar, e não nos processos de representação, os quais serão discutidos oportunamente ao longo do texto.

Achim Menges², Alberto Estevez³, Branko Kolarevic⁴, Kas Oosterhuis⁵, Mario Carpo⁶, Michael Hensel⁷, Michael Weinstock⁸, Robert Woodbury⁹, Rivka Oxman¹⁰, e Toni Kotnik¹¹, entre outros, o que os tem levado a discutir importantes mudanças nos processos de concepção arquitetônica

² **Achim Menges** é diretor do Institute for Computational Design at Stuttgart University. Atualmente ele também é professor convidado na Arquitetura na Harvard University's Graduate School of Design e professor visitante em Emergent Technologies and Design Programme na Architectural Association, em Londres. **Do original em Inglês:** "Achim Menges is Director of the Institute for Computational Design at Stuttgart University. Currently he is also Visiting Professor in Architecture at Harvard University's Graduate School of Design and Visiting Professor for the Emergent Technologies and Design Programme at the Architectural Association in London." Fonte: Menges et al. 2011.

³ **Alberto T. Estévez** (Barcelona, 1960), Arquiteto (UPC, 1983), Arquitetura Ph.D. de Ciências (UPC, 1990), historiador de arte (UB, 1994), História da Arte Ph.D. de Artes (UB, 2008): Com escritório profissional de arquitetura e design (Barcelona, 1983-hoje). Ensinou em diferentes universidades por mais de 25 anos, nas áreas de design de arquitetura, teoria da arquitetura e história da arte do conhecimento, até fundar a ESARQ (UIC, 1996), onde ensina como professor de arquitetura, depois de ter sido seu primeiro diretor (1996 a 2005). Ele também conduz duas linhas de pesquisa fundada com graus e Ph.D. dois senhores 'programas: "Arquiteturas Genéticas / biodigitais Architecture" (UIC, 2000-hoje) e "História, Arquitetura e Design" (UIC, 1998-hoje). **Do original em Inglês:** "Alberto T. Estévez (Barcelona, 1960), Architect (UPC, 1983), Architecture Ph.D. of Sciences (UPC, 1990), Art Historian (UB, 1994), Art History Ph.D. of Arts (UB, 2008): With professional office of architecture and design (Barcelona, 1983-today). Teaching in different universities for more than 25 years, in the knowledge's areas of architectural design, architectural theory and art history, until founding the ESARQ (UIC, 1996), where he teaches like Professor of architecture, after being its first Director (1996-2005). He founded also two research lines with two masters' degrees and Ph.D. programmes: "Genetic Architectures / Biodigital Architecture" (UIC, 2000-today) and "History, Architecture and Design" (UIC, 1998-today)." Fonte: http://albertoestevez.es/cv_author/. Acessado em 08/08/2014.

⁴ **Branko Kolarevic** é professor da University of Calgary Faculty of Environmental Design, onde também ocupa a cadeira em Design Integrado. Ele ensinou arquitetura em várias universidades na América do Norte e Ásia, e lecionou em todo o mundo sobre o uso das tecnologias digitais na concepção e produção. **Do original em Inglês:** "Branko Kolarevic is a professor at the University of Calgary Faculty of Environmental Design, where he also holds the Chair in Integrated Design. He has taught architecture at several universities in North America and Asia and has lectured worldwide on the use of digital technologies in design and production." Fonte: Oxman e Oxman, 2014.

⁵ **Kas Oosterhuis** é professor da Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Delft, bem como diretor de Hyperbody e do Protospace Laboratory for Collaborative Design and Engineering. Seu ensino e pesquisa são nas áreas de arquitetura interativa, comportamento em tempo real de edifícios e ambientes, conceitos de edifícios vivos, design colaborativo, produção file-to-factory e design paramétrico. Nascido em 1951, em Amersfoort, Kas Oosterhuis estudou arquitetura na Universidade de Tecnologia de Delft. Depois, ele ensinou como mestre unidade no AA, em Londres. De lá, ele trabalhou e viveu um ano no antigo estúdio de Theo van Doesburg, em Paris, juntamente com o artista visual Ilona Lénárd. Em 1989, ele fundou o Kas Oosterhuis Architekten em Rotterdam (renomeado para Oosterhuis Lénárd, ou ONL, em 2004). Desde 2000, Oosterhuis tem sido professor de métodos de design digital da Universidade de Tecnologia de Delft. **Do original em Inglês:** "Kas Oosterhuis is professor at the Faculty of Architecture, Delft University of Technology, as well as director of Hyperbody and the Protospace Laboratory for Collaborative Design and Engineering. His teaching and research is in the areas of interactive architecture, real time behaviour of buildings and environments, living building concepts, collaborative design, file to factory production and parametric design. Born in 1951 in Amersfoort, Kas Oosterhuis studied architecture at the Delft University of Technology. Afterwards, he taught as unit master at the AA in London. From there, he worked and lived one year in the former studio of Theo van Doesburg in Paris, together with visual artist Ilona Lénárd. In 1989, he founded Kas Oosterhuis Architekten in Rotterdam (renamed to Oosterhuis Lénárd, or ONL, in 2004). Since 2000, Oosterhuis has been professor of digital design methods at the Delft University of Technology." Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Kas_Oosterhuis. Acesso em 06/08/2014.

⁶ **Mario Carpo** é Professor Associado de História da Arquitetura na Escola Francesa de Arquitetura, Professor do Georgia Institute of Technology, e Professor Visitante de História da Arquitetura na School of Architecture of Yale University. **Do original em Inglês:** "Mario Carpo is Associate Professor of Architectural History in the French Schools of Architecture, Professor at the Georgia Institute of Technology, and Vicent Scully Visiting Professor of Architectural History at the School of Architecture of Yale University." Fonte: Carpo, 2011.

⁷ **Michael Hensel** é arquiteto, pesquisador e escritor. Ele é professor de Arquitetura da Oslo School of Architecture onde dirige o Centro de Estudos de Arquitetura e Tectônica. Ele é membro do conselho do OCEAN Design Association Research, da SEA, a Sustainable Environment Association, e de BIONIS, a Biomimetic Network for Industrial Sustainability. **Do original em Inglês:** "Michael Hensel is an architect, researcher and writer. He is Professor for Architecture at the Oslo School of Architecture where he directs the Research Centre for Architecture and Tectonics. He is a board member of the OCEAN Design Research Association, of the SEA, the Sustainable Environment Association, and of BIONIS, the Biomimetic Network for Industrial Sustainability." Fonte: Hensel, 2012.

a partir da mediação digital. Muitas experimentações de ordem prática vêm sendo feitas, aproveitando o potencial de desenvolvimento de vários *software* e de equipamentos de fabricação digital, porém a produção teórica parece não ocorrer na mesma proporção e velocidade, no sentido de se observar, compreender e sistematizar estes procedimentos, especialmente no Brasil.

Segundo Kotnik (2010) nas últimas décadas, outras metodologias têm surgido no processo de projeto arquitetônico, com o objetivo de explorar o computador como um meio de promover o projeto e isso tem gerado um conjunto variado de competências digitais e um novo tipo de conhecimento arquitetônico. Porém, segundo o autor, faltaria ainda um quadro teórico que permitiria uma agenda pedagógica abrangente para o ensino de processos digitais de projeto nas escolas de Arquitetura e Urbanismo. Passadas algumas décadas dessa relação entre seres humanos e máquinas aplicada nos processos de projeto, a reação inicial de entusiasmo deverá agora ser substituída por uma análise crítica mais profunda com o devido distanciamento temporal, buscando compreender quais ganhos e perdas a Arquitetura está a contabilizar sob a influência da mediação digital.

⁸ **Michael Weinstock** é Arquiteto, atualmente Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento, e diretor do programa *Emergent Technologies and Design*, na Escola de Pós-Graduação da Architectural Association School of Architecture, em Londres. Nascido na Alemanha, ele estudou arquitetura na Architectural Association (1982-1988) e lecionou na Escola de Arquitetura da AA desde 1989, em uma série de posições. **Do original em Inglês:** “Michael Weinstock is an Architect, currently Director of Research and Development, and Director of the Emergent Technologies and Design programme in the Graduate School of the Architectural Association School of Architecture in London. Born in Germany, He studied Architecture at the Architectural Association (1982/88) and has taught at the AA School of Architecture since 1989 in a range of positions.” Fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/User:Michaelweinstock>. Acesso em 07/08/2014

⁹ **Robert Woodburry** é professor na Simon Fraser University. Ele é o Diretor e Educador em Prática de Design da *Canadian Graphics, Animation and New Media Network*. Sua pesquisa é em design computacional, análise visual, e sistemas centrados em seres humanos para uma vida sustentável. Ele é Doutor e Mestre pelo Carnegie Mellon, e Bacharêu em Arquitetura por Carleton. **Do original em Inglês:** “Robert Woodburry is a professor at Simon Fraser University. He is the Director, Art and Design Practice of the Canadian Graphics, Animation and New Media Network. His research is in computational design, visual analytics, and human-centered systems for sustainable living. He holds a PhD and MSc from Carnegie Mellon, and a BArch from Carleton.” Fonte: Oxman e Oxman, 2014.

¹⁰ **Rivka Oxman** é Professora Associada na *Faculty of Architecture and Town Planning*. Ela possui o bacharelado, o mestrado e o doutorado pelo Technion Israel Institute of Technology. Rivka Oxman possui vínculo como professora visitante na Universidade de Stanford, na Delft University of Technology e na Salford University. **Do original em Inglês:** “Rivka Oxman is Associate Professor in the Faculty of Architecture and Town Planning. She holds the BSc., MSc., and DSc. degrees from the Technion Israel Institute of Technology. Rivka Oxman held appointments of Visiting Professor at Stanford University, Delft University of Technology and Salford University.” Fonte: Oxman e Oxman, 2014.

¹¹ **Toni Kotnik** estudou arquitetura e matemática no *Swiss Federal Institute of Technology (ETH)* de Zurique, na *University of Tübingen*, e na *University of Utah* e obteve seu doutorado na *University of Zurich*. Ele foi pesquisador no Centro para a Representação da Informação Multi-Dimensional (CROMDI), pesquisador pós-doutorado na ETH Zurich, professor assistente na *University of Applied Sciences in Lucerne* e mestre na Architectural Association, em Londres. **Do original em Inglês:** “Toni Kotnik studied architecture and mathematics at the Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich, the University of Tübingen, and the University of Utah and received his doctoral degree from the University of Zurich. He was research fellow at Center for the Representation of Multi-Dimensional Information (CROMDI), postdoctoral researcher at the ETH Zurich, assistant professor at the University of Applied Sciences in Lucerne and studio master at the Architectural Association in London.” Fonte: <http://www.schwartz.arch.ethz.ch/Team/tonikotnik.php?lan=en>. Acessado em 04/08/2014.

O filósofo Marshall McLuhan¹² em sua entrevista à revista Playboy de 1969, apresentava o conceito de “espelho retrovisor do mundo”, no qual defendia que devido à invisibilidade (no sentido de estar imperceptível) da compreensão da sua inovação, o homem é melhor consciente do ambiente que o precedeu, e que portanto, um ambiente só se torna totalmente visível (perceptível) quando ele for substituído por outro ambiente, e que assim estamos sempre um passo atrás na compreensão plena do mundo em que vivemos. (MCLUHAN, 1969).

Mais do que uma abordagem histórica sobre questões inerentes aos processos digitais de projeto, a tese aqui apresentada busca contribuir com uma observação no ambiente (ou contexto) atual em direção às possibilidades futuras. A metáfora pretendida, a partir de McLuhan, é a de que possamos guiar um carro que simboliza o processo, com um olho no retrovisor, e o outro olho no ponto de fuga da estrada. A tese visa ainda situar o assunto, localizado no campo específico do projeto de Arquitetura e Urbanismo, relacionando-o de modo transdisciplinar a outras áreas do conhecimento, como a Filosofia, a Biologia e a Matemática, por exemplo, buscando trazer outras referências que possam possibilitar uma melhor análise do fenômeno em questão, e assim, propor outros olhares e contribuições para os processos digitais de projeto.

A tese propõe, portanto, uma revisão dos processos digitais de projeto na arquitetura contemporânea, partindo da constatação de que a atuação de arquitetos e *designers*, em função dos modos de vida contemporâneos, passa a exigir atualmente uma postura diferenciada em relação ao gerenciamento das informações, assim como uma reflexão crítica em relação ao método projetivo utilizado na arquitetura da era digital. Para isso, utilizará como fundamentação teórica os principais referenciais que tratam da Cibersemiótica, conforme

¹² **Herbert Marshall McLuhan** (Edmonton, 21 de julho de 1911 — Toronto, 31 de dezembro de 1980) foi um filósofo e educador canadense. Entre 1944 e 1946, foi professor de literatura na Universidade de Assumption, Wisconsin e Saint Louis, nos Estados Unidos, e na Universidade de Toronto, entre 1946 e 1979. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Marshall_McLuhan. Acessado em: 15/08/2012.

proposta por Søren Brier¹³, a Semiótica de Charles Sanders Peirce¹⁴ e a Cibernética de Segunda Ordem, proposta por Heinz von Foerster¹⁵, ampliando possibilidades metodológicas em relação aos processos digitais de projeto. Busca, produzir um *framework*¹⁶ - que passaremos a chamar de **estrutura** - que possibilite analisar não somente a produção atual da arquitetura produzida com mediação digital, mas sobretudo compreender, significar e potencializar os processos utilizados.

A tese se insere em um contexto que considera a tecnologia como um produto da evolução da própria sociedade. Para o filósofo francês Pierre Levy¹⁷, a história da humanidade apresentou algumas importantes revoluções em várias áreas, como por exemplo, na economia, na organização política, no habitat ou nas comunicações. A revolução industrial, por exemplo, que

¹³ **Søren Brier** (12 de julho de 1951) é professor catedrático de Semiótica da Informação, Ciência Cognitiva e Comunicação na *Copenhagen Business School*. Ele possui um mestrado em biologia pela Universidade de Copenhague e um Doutorado em filosofia de (informação) da ciência. Em 2006, ele defendeu a tese em filosofia, "*Cybersemiotics: Why Information Is Not Enough*", na CBS. Brier é o fundador e editor-chefe da revista *Cybernetics & Human Knowing*, publicado desde 1992, co-fundador da "*The International Association for Biosemiotic Studies*", em 2005, ex-administrador da *American Society for Cybernetics*, membro do conselho de o "*Sociocybernetics Group*" (ISA) e membro do *International Institute for Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics*. Ele recebeu o *System Research Foundation's Distinguished Service Award* e o *Systems Research Award Foundation* por sua grande contribuição para o avanço da Cibernética, e o Prêmio Warren McCulloch da *American Society for Cybernetics*, da qual ele é membro. **Do original em Inglês:** "*Søren Brier is full professor for Semiotics of Information, Cognitive and Communication Science at Copenhagen Business School. He holds a Masters in biology from the University of Copenhagen and a Ph.D. in philosophy of (information) science. In 2006 he defended a doctor habil thesis in philosophy, Cybersemiotics: Why Information Is Not Enough at CBS. Brier is the founder and editor-in-chief of Cybernetics & Human Knowing, published since 1992, co-founder of "The International Association for Biosemiotic Studies" in 2005, a former trustee for the American Society for Cybernetics, member of the board of the "Sociocybernetics Group" (ISA) and member of the International Institute for Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics. He has received its System Research Foundation's Distinguished Service Award and the Systems Research Foundation Award for his great contribution to the advancement of Cybernetics, and The Warren McCulloch Award from the American Society for Cybernetics, of which he is a fellow.*" Fonte: <http://cybersemiotics.com/content/s%C3%B8ren-brier>. Acesso em 04/08/2014.

¹⁴ **Charles Sanders Peirce** (Cambridge, Massachussets, 1839-1914) era um cientista. Bacharelado em Química aos 11 anos de idade, era também matemático, físico, astrônomo, além de ter realizado contribuições importantes nos campos da Geodésia, Metrologia e Espectroscopia. Esra ainda um estudioso da Biologia e da Geologia. No campo das ciências culturais, se devotou à Linguística, à Filosofia e à História. Fonte: Santaella 2005, pp. 16-17. Peirce licenciou-se em ciências e doutorou-se em química em Harvard. Ensinou filosofia nesta universidade e na Universidade Johns Hopkins. Foi o fundador do Pragmatismo e da ciência dos signos, a semiótica. Antecipou muitas das problemáticas do Círculo de Viena. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Charles_Sanders_Peirce. Acesso em 15/08/2014.

¹⁵ **Heinz von Foerster** (13 de novembro de 1911, Viena — 2 de outubro de 2002, Pescadero, California) foi um cientista austríaco-americano que combinava física com filosofia. Juntamente com Warren McCulloch, Norbert Wiener, John von Neumann, Lawrence J. Fogel, Gregory Bateson, Humberto Maturana, Francisco Varela e outros. Heinz von Foerster foi um dos arquitetos da cibernética. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Heinz_von_Foerster. Acesso em 15/08/2012.

¹⁶ Em computação, um **Framework** ou arcabouço conceitual é um conjunto de conceitos usado para resolver um problema de um domínio específico. O *framework* atua onde há funcionalidades em comum a várias aplicações, porém para isso as aplicações devem ter algo razoavelmente grande em comum para que o mesmo possa ser utilizado em várias aplicações. Fonte: Wikipedia: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Framework>, acesso em 13/02/2014.

¹⁷ **Pierre Lévy** (Tunísia, 1956) é um filósofo francês da cultura virtual contemporânea. Vive em Paris e leciona no Departamento de Hipermedia da Universidade de Paris. Especializou-se em abordagens hipertextuais quando lecionou na Universidade de Ottawa, no Canadá. Após sua graduação, preocupou-se em analisar e explicar as interações entre Internet e Sociedade. Lévy também pesquisa a inteligência coletiva focando em um contexto antropológico, e é um dos principais filósofos da mídia atualmente. Suas pesquisas se concentram principalmente na área da cibernética. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Pierre_L%C3%A9vy. Acesso em 15/08/2014.

começou a propor atividades que por sua vez modificaram os modos de vida da época, aparece hoje como o início de um processo que conduz à revolução da informação contemporânea. Para o autor, a compreensão de um espaço e de uma cultura gerados a partir da evolução das tecnologias da informação e da comunicação se faz necessária na medida em que se deseja um entendimento mais amplo das transformações na relação com o saber, das questões relativas à educação e à formação, da cidade e da democracia, da manutenção da diversidade das línguas e das culturas, dos problemas da exclusão e das desigualdades nas cidades. (LEVY, 2001).

De acordo com Levy, “somos todos planetários, seres que partilham o mesmo ambiente, que praticam as mesmas atividades, que enfrentam as mesmas dificuldades e que no final das contas, somos uma geração de pessoas que existem numa escala global.” (LEVY 2001, p. 15).

A percepção de que somos uma sociedade global e de que estamos interligados por uma rede que nos mantém em contato uns com os outros, na verdade é precedida por outra percepção, a de que estamos num processo evolutivo que ampliará nossa capacidade de percepção e de comunicação, a partir da expansão de nossa capacidade corpórea (Figura 2).

FIGURA 2: TELEPRESENÇA SOCIAL. JAMES AUGER E JUMMY LOIZEAU.
FONTE: Troika: Digital by Design, 2008.

Autores como McLuhan (1969) e Beer (1977), abordam esta questão da ampliação de nossa capacidade corpórea, principalmente a ampliação de nossa capacidade mental, quando

referem-se especialmente aos computadores como expansões mentais. Parece-nos necessária uma visão mais ampla e sistêmica guiando o processo de projeto, trazendo para junto de si mesma uma outra visão onde os processos digitais de projeto adquiram relevância quando contextualizados, em relação ao produto arquitetônico final, em relação com todo o sistema do qual faz parte, assim como em relação à outros sistemas.

Gordon Pask¹⁸, um dos precursores da integração entre Arquitetura e Cibernética, ajuda-nos a considerar a discussão proposta, na medida em que esta pode ser apoiada na ideia de que “os arquitetos são antes de tudo, projetistas de sistemas que têm sido forçados, ao longo dos últimos cem anos aproximadamente, a interessarem-se cada vez mais pelas propriedades organizativas (intangíveis) dos sistemas de desenvolvimento, comunicação e controle.” (PASK, 1969 p. 494-496). Para o ciberneticista, várias tentativas projetuais da segunda metade do século XX foram pensadas como sistemas, como uma alternativa aos desenvolvimentos das teorias que tratavam da arquitetura formal ou seguindo um determinado estilo. Assim, para o desenvolvimento dos projetos arquitetônicos, o arquiteto deveria colocar-se de modo proativo no processo, incorporando capacidade evolutiva ao projeto e situando-se, sobretudo, em um nível hierárquico organizativo acima, projetando o próprio sistema que controla o projeto.

De qualquer modo, a prática arquitetônica se expandiu muito nas últimas décadas, também em função da revisão dos modos de vida, e de programas que desenvolveram mudanças no que diz respeito ao relacionamento e à comunicação entre os seres humanos, através da mediação digital. Percebe-se que o campo da Arquitetura Digital vem se transformando, alimentado por pesquisas desenvolvidas em comunicação, interação, computação gráfica, prototipagem e fabricação digital, interfaces tangíveis, conectividade móvel, e outras mediações que poderiam fazer parte dos processos de projeto. Essas tecnologias alteram nossa percepção espacial e mudam, portanto, a maneira como nos relacionamos uns com os outros (Figura 3):

¹⁸ **Andrew Gordon Pask** (28 de junho de 1928 em Derby - 28 de março de 1996 em Londres) foi um ciberneticista Inglês e psicólogo que fez contribuições significativas para a cibernética, a psicologia instrucional, epistemologia experimental e tecnologia educacional. **Do original em Inglês:** “*Andrew Gordon Pask (June 28, 1928, Derby – March 29, 1996, London) was an English cybernetician and psychologist who made significant contributions to cybernetics, instructional psychology, experimental epistemology and educational technology.*” Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Gordon_Pask. Acesso em 15/08/2014.

FIGURA 3: PETER GRIC: "SYNCRONIZATION"
 FONTE: <http://www.gric.at/gallery/bild254.htm>

Deste modo, nos parece importante a ampliação não só na percepção da capacidade da Arquitetura como transformadora de realidades mas principalmente na expansão de seus limites em relação aos seus próprios processos de concepção e produção, de modo a atingir outros níveis de desenvolvimento. Ao que tudo indica, as possibilidades de mediação digital e a conexão global em rede via internet, podem tornar os processos digitais de projeto mais colaborativos, possibilitando uma maior interação entre todos os atores envolvidos em uma estratégia de baixo para cima (*bottom-up*) dentro do processo de projeto.

Lawson¹⁹ (2011) e Fabricio²⁰ e Melhado²¹ (2011) apontam que o surgimento dos aparelhos eletrônicos de comunicação e de máquinas de processamento da informação gerou uma nova perspectiva do pensamento humano e que, portanto, o projeto arquitetônico da era digital é resultado de uma modificação das formas de interações sociais, sendo influenciado de modo dinâmico por clientes, usuários e demais projetistas participantes. Os meios digitais e a internet ampliaram a capacidade de processamento de informações e deste modo os processos digitais

¹⁹ **Bryan Lawson**, psicólogo, arquiteto e designer, é professor emérito da Faculdade de Estudos de Arquitetura da Universidade de Sheffield, Reino Unido. Fonte: Lawson 2011.

²⁰ **Márcio Minto Fabricio** é professor da graduação, mestrado e doutorado do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU USP), presidente da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC (10/2012-10/2014) e presidente da Comissão de Pós-Graduação do IAU-USP (nov. 2013 - out. 2015) e Coordenador acadêmico do DINTER IAU-UEM-UEL (2011-2015). Fonte: <http://lattes.cnpq.br/0618509402775224>. Acesso em 15/08/2014.

²¹ **Silvio Burratino Melhado** graduou-se em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1984), cursou mestrado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1990) e doutorado em Engenharia Civil, também pela Universidade de São Paulo (1994), além de ter realizado pós-doutoramentos na França, no Canadá e na Inglaterra. Atualmente é livre-docente e Professor Associado da Universidade de São Paulo. Fonte: <http://lattes.cnpq.br/695773339061299>. Acesso em 15/082014.

de projeto resultam tanto em atividades mentais individuais, quanto em interações que ocorrem entre os múltiplos agentes envolvidos no processo, em tempo real e mesmo à distância.

Para o arquiteto Kas Oosterhuis, os projetistas precisam aprender a se relacionar com outras pessoas em uma rede de trabalho transdisciplinar onde o arquiteto não pode estar no topo da pirâmide, manipulando os outros participantes como se fossem marionetes dentro do processo.

Temos os clientes, os engenheiros, os projetistas de conforto ambiental, os usuários... No meu ponto de vista são todos designers. Então eles todos têm sua intuição. Todos têm seus fatores emotivos, por assim dizer. Então, de algum modo, nós precisamos estar habilitados a nos relacionarmos com a troca de informação no sistema. E essa informação tem que ser trocada entre todas as pessoas e tem que, na verdade, ser a base desta riqueza de expressão que tem efeito intuitivo e emotivo. Isso não pode ser uma estrutura hierárquica com controle do tipo top-down. Não pode ser assim. É ilógico. É ultrapassado. Nós precisamos pensar uma estrutura onde todos estes jogadores são atuadores (Teoria de Atores em Rede), eles todos têm autorização para modificar coisas, serem relevantes, eles apresentam métodos, por assim dizer, e há uma relação não hierárquica entre estes atuadores. Algumas vezes um atuador é uma figura que lidera. Em um outro momento, outra pessoa pode atuar como líder. (OOSTERHUIS, apud ALVES 2013).

Assim, é possível afirmar que as comunicações permitidas por redes de associações e sistemas de interações sociais possibilitadas pela mediação digital contribuem para potencializar o processo projetivo, tornando-o mais complexo e dinâmico.

Segundo Brier (2008), é possível argumentar que a comunicação possui aspectos lógicos, quantitativos e sintáticos, porém deveríamos nos perguntar como signos em um computador (e aqui incluímos os programas de computador específicos para processos digitais de projeto) podem superar um potencial diferente de serem apenas signos muito simplificados manipulados mecanicamente sem qualquer interpretação? Para o autor, a Semiótica triádica e evolucionária de Peirce possui um ângulo fenomenológico que permite significações e percepções bastante evoluídas, e que fornece uma das bases da teoria que visa explicar como nós criamos significados em cognição e em comunicação em todo e qualquer sistema - a Cibersemiótica.

De acordo com o autor, a Cibersemiótica é uma meta-ciência transdisciplinar que utiliza conceitos da Cibernética de Segunda Ordem e da Semiótica de Charles Sanders Peirce, tais como:

- * O conceito cibernético de sistema;
- * O conceito de *Umwelt* de Jakob von Uexküll;
- * O conceito de comunicação (entre animais e máquinas) de Norber Wiener;
- * Os conceitos de expansões mentais de Marshall McLuhann e Stafford Beer;

* Os conceitos de sistemas de observação observados da Cibernética de Segunda Ordem (via Heinz von Foerster) e da *Autopoiésis* (via Maturana e Varela);

* Os conceitos de signo e de representação de Charles Sanders Peirce;

O que torna a Cibersemiótica diferente de outras abordagens que tentam produzir uma teoria transdisciplinar de cognição e comunicação é a sua concepção de naturalismo absoluto, que permite entender a vida, a consciência e os significados culturais como parte da natureza e da evolução, independentemente de qualquer interpretação que possa ser produzida na mente humana.

Parece-nos relevante, perceber as possibilidades de aplicação de conceitos cibersemióticos aos processos digitais de projeto como uma alternativa estratégica viável, como uma espécie de lente que permitirá observar diferentes fenômenos e testar outros procedimentos, na direção de potencializar a comunicação e os fluxos de informação, dentro dos sistemas, e também na comunicação entre eles em redes colaborativas. Segundo Woodbury (2010) e Vassão²² (2010), a antecipação da discussão a respeito do *design* do próprio projeto, ou como veremos posteriormente, do *metadesign*, aponta para uma questão de mudança de atitude em relação aos estágios iniciais de concepção do projeto. Isso pode fazer com que valores desejáveis como, por exemplo, flexibilidade, interatividade e responsividade, possam ser implementados e controlados com sucesso, beneficiando todos os envolvidos.

Acredita-se que a relevância da contribuição da tese se dá na medida em que os paradigmas teóricos continuam se ampliando e na prática, as demandas dos processos digitais de projeto envolvem cada vez mais complexidades. Se outras espacialidades e interconexões deverão surgir a partir da atualização dos níveis de comunicação estabelecidos entre os diferentes sistemas, e de novos desafios sociais e culturais, é imprescindível que os arquitetos estejam atentos à compreensão das teorias e dos processos que estão disponíveis, para a otimização de todo o seu potencial de projeto na busca por ampliar as possibilidades para a Arquitetura e Urbanismo.

²² **Caio Adorno Vassão** Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (1996), mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2002) e doutorado em Design e Arquitetura pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (2008). Atualmente é professor adjunto da Fundação Armando Álvares Penteado. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase na relação entre a alta tecnologia e a cultura contemporânea, atuando principalmente nos seguintes temas: mobilidade, interface, nomadismo, arquitetura móvel e ubiquidade, design de interação. Fonte: Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5857678399360729>. Acessado em 31/07/2014.

A hipótese inicial parte da citação do arquiteto Usman Haque²³ (apud PRATSCHKE 2009), de que “já não é possível pensar em Arquitetura como algo estático e imutável. Em vez disso, devemos vê-la como dinâmica e ágil”. Assim, é imprescindível definir como métodos de projeto transdisciplinares poderiam trazer contribuições para processos digitais de projeto, e de que modo sistemas mais interativos, flexíveis e reconfiguráveis, poderiam ser desenvolvidos na busca de uma arquitetura mais controlada de um ponto de vista cibernético. Também torna-se fundamental investigar como os significados produzidos por processos digitais de projeto podem ser analisados de um ponto de vista semiótico.

Assim, a partir destes questionamentos formulava-se, inicialmente:

A hipótese trata de verificar de que modo a Cibersemiótica, enquanto teoria concebida e desenvolvida para promover a transdisciplinaridade, pode proporcionar outras abordagens e fundamentar reflexões atualizadas, no sentido de produzir uma estrutura para os processos digitais de projeto utilizados na arquitetura contemporânea.

Assim como propõem Brier et al. (2012), a tese baseia-se em fundamentações que possam fornecer uma ontologia diferente do dualismo cartesiano, com o seu pressuposto básico de natureza mecânica separada da mente e da consciência individual. Compartilhamos uma posição diferente da visão simplificadora de que as palavras e os sinais são instrumentos passivos utilizados pela mente humana. Charles Sanders Peirce, em sua filosofia semiótica, evolutiva e pragmática, ofereceu uma alternativa que antagoniza com o determinismo mecanicista, assim como antagoniza com o materialismo. Através da primeira das suas três categorias, a primeiridade, introduziu a noção de *pura qualidade* na ontologia da natureza, e da *evolução* como a força motriz por trás do desenvolvimento da consciência e da vida humana. (BRIER et al., 2012).

²³ **Usman Haque** é sócio-fundador da Umbrellium, anteriormente conhecido como *Haque Design + Research*, e fundador do Pachube. Como um arquiteto, ele criou ambientes responsivos, instalações interativas, dispositivos de interface digital e dezenas de iniciativas de participação em massa. Suas habilidades incluem a concepção e engenharia de espaços físicos e os softwares e sistemas que os trazem para a vida. Ele tem sido um pesquisador convidado no *Interaction Design Institute Ivrea*, Itália, artista-residente na *International Academy of Media Arts and Sciences*, Japão, e também trabalhou nos EUA, Reino Unido e Malásia. **Do original em Inglês:** “*Usman Haque is founding partner of Umbrellium, formerly known as Haque Design + Research, and the founder of Pachube. As an architect, he has created responsive environments, interactive installations, digital interface devices and dozens of mass-participation initiatives. His skills include the design and engineering of both physical spaces and the software and systems that bring them to life. He has been an invited researcher at the Interaction Design Institute Ivrea, Italy, artist-in-residence at the International Academy of Media Arts and Sciences, Japan and has also worked in USA, UK and Malaysia.*” Fonte: <http://www.haque.co.uk/info.php>. Acesso em 06/08/2014.

A Semiótica de Peirce é adotada como base metodológica, orientando a pesquisa para a análise dos processos de significação do objeto e do recorte proposto para a tese. Os procedimentos serão descritos levando-se em conta as categorias fenomenológicas propostas por Peirce (primeiridade, segundidade e terceiridade), considerando o signo como mediador entre sujeito e objeto, e admitindo a abdução²⁴ como lógica do processo de descoberta.

De um ponto de vista operacional, a pesquisa utiliza procedimentos metodológicos de várias naturezas. Inicialmente, o desenvolvimento do trabalho foi permeado por consultas a fontes de dados secundárias, como livros, dissertações, teses, artigos e revistas, entre outros, além de publicações na internet. A *wikipedia*, por exemplo, mostrou ser uma ferramenta importante para o acesso à informações que foram produzidas e compartilhadas de modo colaborativo, o que é coerente como o modo como a tese idealiza os processos de produção de conhecimento contemporâneos. A tese procurou investigar e evidenciar aspectos da Semiótica de Peirce e da Cibernética que fossem relevantes para a apreensão do objeto recortado para, a seguir, definir as relações que envolvem processos digitais de projeto viesados em maior ou menor grau por campos específicos do conhecimento, como por exemplo, Filosofia, Biologia e a Matemática, e que estão inseridos nas questões contemporâneas relacionadas à atualização dos modos de vida contemporâneos e da cultura digital. A delimitação da pesquisa com foco em processos digitais de projeto, está associada também à ênfase que se busca mais no processo do que na obra acabada.

Assim, nos colocamos aqui como investigadores do próprio processo projetivo na busca de uma abordagem inédita sobre o tema, mas reconhecemos que nossa parcela de contribuição para a comunidade científica se soma a um histórico de investigação, assim como acreditamos que se possam produzir a partir daí novos conhecimentos, não apenas sobre a particularidade tratada na tese, mas sobre aspectos gerais que devem permear os processos digitais de projeto em Arquitetura. Em certo sentido, portanto, o objeto da pesquisa identifica-se com o próprio processo de pesquisa. A Semiótica de Peirce propõe que dada uma hipótese geral, possamos descrever suas particularidades para que consigamos analisá-la e assim construir uma síntese geral. A tese deverá proporcionar que, por meio da pesquisa sobre processos digitais de projeto, tais processos, os quais emergem no âmbito da prática arquitetônica associada à reflexão

²⁴ Segundo Peirce, “**abdução** é o processo para formar hipóteses explicativas. É a única operação lógica a introduzir ideias novas; pois que a indução não faz mais do que determinar um valor, e a dedução envolve apenas as consequências necessárias de uma pura hipótese. Dedução prova que algo deve ser; indução mostra que algo atualmente é operatório; abdução faz uma mera sugestão de que algo pode ser”. Peirce (1989).

teórica contemporânea, tenham a oportunidade de manifestar seu grau de originalidade e de generalidade.

Em paralelo ao entendimento teórico, realizou-se ao longo do período de investigação várias experimentações de ordem prática junto ao *Design Lab* do grupo de pesquisa **Nomads.usp**²⁵, utilizando-se a estrutura do grupo, tanto fisicamente, assim como espaço de reverberação de ideias e de reflexão acadêmica por excelência, uma vez que a pesquisa científica pode e deve ser potencializada pela retroalimentação entre teoria e prática e pela colaboração entre pesquisadores.

Deste modo, algumas pesquisas e experimentos em *design paramétrico* foram desenvolvidos, em nossa experiência docente no **Estágio PAE** (2011), em disciplina optativa ministrada pela Professora Doutora Anja Pratschke²⁶ junto ao Curso de Arquitetura e Urbanismo do IAU-USP²⁷, assim como uma visita ao **LAPAC/UNICAMP**²⁸, onde acompanhamos a produção da disciplina de Projeto 3 da graduação em Arquitetura e Urbanismo do IAU/USP, ministrada pelos Professores Doutores Marcelo Tramontano e Renato Luiz Sobral Aneli do IAU/USP. A experimentação foi possibilitada pela parceria estabelecida com as Professoras Doutoras Gabriela Celani e Regiane Pupo, responsáveis na ocasião pelo LAPAC/UNICAMP (2011).

Também participamos em um *workshop* interno com a equipe do Nomads.usp em *design paramétrico* (2011), e em três *workshops* de *design paramétrico* e fabricação digital da **Architectural Association School of Architecture**²⁹, de Londres - os programas **Visiting School** - os quais envolveram a seleção de nosso projeto, o pavilhão *Strings*, para construção de um protótipo e duas versões de um pavilhão responsivo, o *Supple Pavilion* (2011-2012). Contribuímos também, na produção de uma das ações do **Projeto Territórios Híbridos**, envolvendo um *workshop* de *design paramétrico* com a participação de estudantes de todo o Brasil, visando o projeto e a construção de um pavilhão junto à comunidade do CDHU em São Carlos e a realização de um experimento envolvendo a construção de um pavilhão, o pavilhão

²⁵ <http://www.nomads.usp.br/site/>

²⁶ **Anja Pratschke**, nascida em 1964, Arquiteta alemã e pesquisadora, vive no Brasil desde 1990. Graduada pela Ecole d'Architecture de Grenoble, França [Arq. DPLG, 1991]; Mestre em História da Arquitetura sobre a configuração de vazios pela Escola de Engenharia, USP [1996]; Pesquisa da Arquitetura contemporânea no Japão, Osaka [1994]; Doutora em Ciências Computacionais sobre o uso de estruturas mnemônicas como método de construção de espaços virtuais pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, USP [1998-2002]. Doutorado Sandwich/Especialização em Hipermedias pela Université de Paris (2001), Pós-doutorado na Bartlett School of Architecture, University College of London sobre Cibernética de Segunda Ordem e Arquitetura [2009]. Desde agosto 2001, é Professora em tempo integral do Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos da Universidade de São Paulo, e desde 2001, é co-coordenadora do grupo de pesquisa Nomads.usp. [www.nomads.usp.br], Núcleo de Estudos sobre Habitares Interativos. Fonte: <http://lattes.cnpq.br/9669955733350604>. Acessado em 04/08/2014.

²⁷ <http://www.iau.usp.br/>

²⁸ <http://lapac.fec.unicamp.br/>

²⁹ http://saopaulo.aaschool.ac.uk/?page_id=1358

Slice, a partir de processo de *design* paramétrico e fabricação digital, dentro do universo proposto pelo projeto *Territórios Híbridos: meios digitais, comunidades e ações culturais* (processo FAPESP 09/51457-5), (2012).

Buscamos ampliar do corpo de análise, dentro de um universo possibilitado por estágio no exterior realizado entre outubro de 2012 e fevereiro de 2013, na **TU Delft**³⁰ - Holanda, junto ao grupo de pesquisa **Hyperbody**³¹ coordenado pelo Arquiteto Kas Oosterhuis, com a supervisão do Prof. Dr. Nimish Biloria³², e a realização de entrevista³³ com Kas Oosterhuis, publicada em <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/14.054/4758>. Aproveitamos a oportunidade do estágio para realizar uma visita à **Copenhagen Business School** em Copenhagen³⁴ com o objetivo de realizar entrevista com o Prof. Sören Brier, filósofo fundador das bases da teoria Cibersemiótica (2012).

Também em função do estágio no exterior, realizamos uma visita à **ESArq / UIC**³⁵ em Barcelona para conhecer as instalações, equipamentos e atividades de projeto e realizar entrevista com o Professor Alberto Estévez, diretor do programa de mestrado em arquitetura digital (2013) e também realizamos uma visita ao **FabLab / IaaC – Institute of Advanced Architecture of Catalonia**³⁶ em Barcelona para conhecer as instalações, equipamentos e atividades de projeto (2013) e uma visita ao **aaDRL / Architectural Association School of London - Londres**³⁷, para conhecer as instalações, equipamentos e atividades de projeto (2013).

Por fim, acrescentamos nossa recente experiência como pesquisadores no grupo **algo+ritmo**³⁸, que se forma a partir de 2013 na UFMS e que, apesar de jovem, têm procurado na medida do possível, realizar algumas experimentações na área da pesquisa.

³⁰ <http://home.tudelft.nl/>

³¹ <http://bk.tudelft.nl/en/about-faculty/departments/hyperbody/>

³² **Nimish Biloria** é Arquiteto e Professor Assistente no *Hyperbody*, Faculdade de Arquitectura da TU Delft, Holanda. Depois de estar envolvido investigando a inter-relação entre mídia e Arquitectura ao longo de seus anos de formação no CEPT, Ahmedabad, na Índia, ele aprofundou seus interesses na esfera inter-disciplinar na *Architectural Association*, em Londres, Reino Unido, onde se especializou na área de Tecnologias Emergentes e *Design*. Ele possui ainda um doutorado pela TU Delft, Holanda, com foco no desenvolvimento de ambientes de adaptação em tempo real. **Do original em Inglês:** “Nimish Biloria is an Architect and an Assistant Professor at Hyperbody, Faculty of Architecture, TU Delft, The Netherlands. After being involved with investigating the inter-relation of Media and Architecture throughout his formative educational years at CEPT, Ahmadabad, India, he furthered his interests in the inter-disciplinary realm at the Architectural Association, London, UK, where he specialized in the field of Emergent Technologies and Design. He further attained a Doctorate at the TU Delft, Netherlands, with a focus on developing real time adaptive environments.” Fonte: <http://www.hyperbody.nl/about/who/>. Acesso em 15/08/2014.

³³ <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/14.054/4758?page=2>

³⁴ http://www.cbs.dk/en/Research/Departments-Centres/Institutter/IKK/Menu/Staff/Menu/Academic-Staff/Videnskabelige/Professors/soeren_brier.

³⁵ <http://www.uic.es/en/genetic-architectures>

³⁶ <http://www.iaac.net/>

³⁷ <http://www.aaschool.ac.uk/STUDY/GRADUATE/aadrl.php>

³⁸ <https://www.facebook.com/AlgoRitmo.ufms>

Deste modo, passamos à apresentação da tese, que é dividida em duas partes:

A **PARTE I**, com três capítulos, aborda processos de concepção e de produção digitais e as teorias utilizadas como fundamentação, define o quadro contextual que compara projetos referenciais a partir de Oxman (2005) e Kotnik (2010) e propõe uma estrutura (*framework*) de análise cibersemiótica destas referências.

O capítulo 1 [o paramétrico], apresenta o quadro de desenvolvimento tecnológico atual em relação aos processos digitais de projeto que se utilizam do *design* paramétrico e suas relações com a matemática e a geometria, assim como as estratégias de projeto voltadas para a *performance*. Discute também o conceito de programação computacional enquanto linguagem e processo cognitivo. Trata do processo de fabricação digital, como processo de produção que envolve a comunicação entre sistemas híbridos. Apresenta experimentações realizadas, tanto de relevância histórica, como outras realizadas em importantes centros de pesquisa e que trabalham com abordagens e tecnologias muito importantes para a construção e validação da tese.

O capítulo 2 [o algorítmico], apresenta o quadro tecnológico atual em relação à processos digitais generativos, como as Gramáticas da Forma, e também processos com inspiração biológica e com características evolutivas, a partir de conceitos relevantes como, por exemplo, a *Autopoiésis* de Maturana³⁹ e Varela⁴⁰ e a *Umwelt* de Uexküll⁴¹. Discute processos biodigitais e de que modo estes vêm sendo cada vez mais utilizados em direção à reprodução do comportamento biológico evolutivo e a consequente geração da forma. Também apresenta experimentações realizadas, tanto de relevância histórica, como outras realizadas em

³⁹ **Humberto Maturana** (1928, Santiago de Chile) é um biólogo (Neurobiologia) chileno, crítico do Realismo Matemático e criador da teoria da autopoiese e da Biologia do Conhecer, junto com Francisco Varela. Faz parte dos propositores do pensamento sistêmico e do construtivismo radical. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Humberto_Maturana. Acesso em 07/08/2014.

⁴⁰ **Francisco J. Varela**, (Santiago do Chile, 7 de setembro de 1946 - Paris, 28 de maio de 2001), biólogo e filósofo chileno, escreveu sobre sistemas vivos e cognição: autonomia e modelos lógicos. Ph.D. em Biologia (Harvard, 1970), em 1979 escreveu *Princípios de Autonomia Biológica*, um dos textos básicos da autopoiesis, teoria que desenvolveu com Humberto Maturana. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Francisco_Varela. Acesso em 07/08/2014.

⁴¹ **Jacob Johann von Uexküll** (Keblaste, Estônia, 8 de setembro de 1864 - Capri, 25 de julho de 1944) foi um biólogo e filósofo estoniano de origem alemã. Foi um dos pioneiros da etologia antes de Konrad Lorenz, e um biólogo com grandes realizações nos campos da fisiologia muscular e cibernética da vida. Porém, sua realização mais notável foi a noção de *Umwelt*, o mundo subjetivo da percepção dos animais em relação ao seu meio ambiente. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Jakob_von_Uexk%C3%BCll. Acesso em 07/08/2014.

importantes centros de pesquisa e que trabalham com abordagens e tecnologias muito importantes para a construção e validação da tese, assim como as experimentações de ordem prática realizadas pelo pesquisador com pavilhões, as quais que envolveram processos digitais de projeto.

O capítulo 3 [Cibernética + Semiótica = Cibersemiótica], apresenta o quadro teórico de fundamentação da pesquisa a partir do panorama que constitui o universo bibliográfico que define a Semiótica de Peirce e a Cibernética. Discute os principais conceitos acerca das teorias Semiótica e Cibernética, buscando-se definir as bases Cibersemióticas que são importantes para sua aproximação com os processos digitais de projeto, e propõe uma estrutura (*framework*) de análise cibersemiótica.

A **PARTE II**, com dois capítulos, apresenta estratégias de projeto digitais e propõe uma estrutura (*framework*) cibersemiótica para processos digitais de projeto.

O capítulo 4 [Outros Parâmetros: Por uma Arquitetura mais Interativa a partir da Mediação Digital], apresenta a Teoria de Atores em Rede (*Actor-network*) de Bruno Latour, assim como estratégias de projetos digitais baseadas em conceitos como o Comportamento em Enxame (*Swarm Behaviour*) e os Sistemas Multi-agentes (*Multi-agent Systems*) comparando suas possibilidades de organização e de controle da comunicação entre os sistemas. Discute as possibilidades dos jogos enquanto estratégia colaborativa para projeto e apresenta exemplos e estudos de caso.

O capítulo 5 [Uma Proposta Cibersemiótica para Processos Digitais de Projeto], apresenta a contribuição almejada pela tese à comunidade científica, a partir da sobreposição das teorias estudadas e das análises e experimentações realizadas, onde então são sugeridos estratégias e procedimentos que forneçam diretrizes para a constituição de uma estrutura (*framework*) para processos digitais de projeto, viesados pelo olhar Cibersemiótico.

PARTE I

Introdução

De acordo com Oxman (2006), a atualização dos processos de projeto a partir da mediação digital aponta para uma necessidade implícita de se formular uma estrutura que defina melhor a fase atual dos processos digitais de projeto, assim como traz a necessidade de se estabelecer uma agenda que proporcione um suporte relevante para a pesquisa em projeto de arquitetura, tanto nas produções teóricas quanto nas atividades práticas de produção e experimentação. Segundo a autora, “os processos digitais de projeto e seu impacto crescente sobre as práticas de projeto e produção, estão sugerindo a necessidade de um reexame das teorias e metodologias, no sentido de explicar e orientar futuras pesquisas e desenvolvimentos.” (OXMAN, 2006 p. 230. Tradução nossa⁴²).

Kotnik (2010) apresenta argumento observando que nas últimas décadas, novas metodologias têm surgido no projeto arquitetônico e no modo de se explorar o computador no processo de projeto, e que isso tem gerado um conjunto variado de competências digitais e um novo tipo de conhecimento arquitetônico. Porém o autor também concorda que existe a carência de um quadro teórico que permitiria uma agenda pedagógica mais abrangente para o ensino de processos digitais de projeto em arquitetura.

Ambos os autores apontam a necessidade da revisão dos processos digitais de projeto no sentido da criação de uma agenda comprometida com a expansão de limites estabelecidos por processos baseados na lógica da representação pelo desenho. Partilhamos da mesma visão e gostaríamos de introduzir mais alguns aspectos importantes trazidos por estes autores e que irão balizar o desenvolvimento desta primeira parte da tese.

Em primeiro lugar, é preciso considerar que os modelos tradicionais de processos de projeto a partir da representação pelo desenho eram baseados em conhecimento implícito, ao invés de explícito, e muitas vezes, essa falta de explicitação do processo era associada com intuição e criatividade. Já em um processo digital de projeto, a explicação dos processos cognitivos é baseada na nossa capacidade de desenhar o processo, de programar, de implementar e interagir com representações, estas atualizadas sob a forma de parâmetros e algoritmos, e que deverão ser bem formuladas do ponto de vista de explicitar as informações. De acordo com Oxman

⁴² **Do original em Inglês:** “Digital design and its growing impact on design and production practices are suggesting a need for a re-examination of theories and methodologies in order to explain and guide future research and development.”

(2006), o que era um processo cognitivo implícito no método de projeto baseado em papel, por assim dizer, tornou-se explícito devido à natureza dos Processos Digitais de Projeto.

Em uma tentativa de organizar as teorias atuais envolvendo processos digitais de projeto e metodologias, Oxman (2006) propôs cinco classes paradigmáticas de acordo com várias relações envolvendo projetistas e processos criativos, e os modos como ocorrem os fluxos (implícitos ou explícitos) de informação e interação: (1) modelos do tipo CAD; (2) modelos de formação; (3) modelos generativos; (4) modelos de desempenho e (5) modelos compostos integrados, conforme apresentados em ordem de leitura, na Figura 4 abaixo:

FIGURA 4: MODELOS COMPUTACIONAIS SEGUNDO OXMAN (2006)

Os diagramas propostos por Oxman representam as relações do projetista (*designer* ou D) com as questões de representação (*representation* ou R), avaliação (ou *evaluation* ou E), geração (ou *generation* ou G) e *performance* (P). Quando ocorre um fluxo onde a informação é explícita no processo, a linha que indica a direção do fluxo é do tipo cheia, e quando ocorre um fluxo onde a informação é implícita no processo, a linha que indica a direção do fluxo é do tipo tracejada.

A autora define os modelos do tipo CAD⁴³ como em um nível de computabilidade⁴⁴ representacional, pois são isomórficos com métodos de processos de projeto baseados no desenho feito à mão. Já os modelos de formação marcam o limiar entre metodologias de projeto

⁴³ Computer Aided Design ou Projeto Assistido por Computador.

⁴⁴ Oxman define **computabilidade** como um nível de interação computacional.

digitais e não-digitais e, deste modo, são métodos de concepção digital no nível de computabilidade paramétrica. Modelos generativos de projetos digitais são caracterizados por Oxman por fornecerem um mecanismo computacional para processos de geração formalizada, e modelos de desempenho trabalham tanto com este mecanismo quanto com um mecanismo orientado à *performance*, e portanto, ambos são métodos de concepção digital no nível de computabilidade algorítmica. Os modelos compostos integrados seriam uma especulação futura para um processo multidirecional acionando todos os mecanismos de modo integrado.

Kotnik (2010) apresenta um diagrama que sintetiza as ideias apresentadas por Oxman de forma mais simplificada e que facilita a compreensão dos modelos propostos pela autora (Figura 5).

FIGURA 5: MODELO COMPUTACIONAL SEGUNDO KOTNIK (2010)
 FONTE: KOTNIK, 2010

Segundo o autor, a discussão sobre a taxonomia⁴⁵ de métodos de *design*⁴⁶ digital proposta por Oxman demonstra que todas as várias metodologias contemporâneas podem ser incluídas e comparadas sob o conceito relacionado de níveis de computabilidade digital, ou seja do fluxo da informação ao longo dos processos utilizados. Vincular Processos Digitais de Projeto com o conceito de uma função computacional oferece uma melhor compreensão desses processos, os quais envolvem também a transferência de conceitos matemáticos no discurso arquitetônico. (KOTNIK, 2010).

Adotaremos uma estratégia de classificação mais aproximada do modelo simplificado proposto por Kotnik, por entendermos que, na verdade, os processos muitas vezes não possuem características tão estanques, assumindo vários estados que podem ocorrer em paralelo ou simultaneamente, de modo complementar. Aqui especulamos que provavelmente este seja o sentido do quinto modelo proposto por Oxman, ou seja, modelos compostos integrados.

⁴⁵ **Taxonomia** (do grego antigo **τάξις** táxis, *arranjo* e **νομία** *nomía*) é a disciplina acadêmica que define os grupos de organismos biológicos, com base em características comuns e dá nomes a esses grupos. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Taxonomia>. Acesso em 04/08/2014.

⁴⁶ Passaremos a partir de agora e, portanto, ao longo da tese a traduzir *design* como processo de projeto.

De qualquer modo, adotamos como premissa que todos estes processos estejam se referindo a processos de concepção e produção a partir da mediação digital. Nos capítulos que compõem esta primeira parte da tese, estudaremos relações e desdobramentos de tais processos, primeiramente os processos relacionados ao pensamento paramétrico (cap. 1), em seguida, processos relacionados ao pensamento algorítmico (cap. 2), e retornaremos posteriormente à questão representacional quando tratarmos da Teoria Cibersemiótica, e dos conceitos envolvidos (cap. 3).

CAPÍTULO 1
[O PARAMÉTRICO]

Introdução

As recentes possibilidades de mediação digital utilizadas nos projetos arquitetônicos têm sido observadas e analisadas por vários estudiosos da Arquitetura Contemporânea, o que os tem levado a considerar mudanças no método de criação arquitetônica, na medida em que se percebem outras maneiras possíveis no ato de se projetar. É possível afirmar que há uma tendência em nível mundial na arquitetura contemporânea que aponta para a consolidação de um modo de se encarar o desafio projetivo, e que está modificando os processos de projeto concebidos em ambiente digital.

De acordo com Menges e Ahlquist⁴⁷ (2011), a computação tem um impacto muito importante na maneira como a Arquitetura passou a produzir formas, espaços e estruturas. Os autores defendem que “em relação ao projeto, computação é o processamento do informacional e interações entre os elementos que constituem um ambiente específico, com a palavra fundamental sendo interações.” (MENGES e AHLQUIST, 2011. p.13. Tradução nossa.⁴⁸)

Isto muda o ponto de vista para uma posição onde o mais importante não é mais a Arquitetura como um objeto material e finito, mas sim vista como um sistema que se relaciona e interage com outros sistemas. Em 1937, Ludwig von Bertalanffy⁴⁹ apresentou a Teoria de Sistemas, na qual criticava fundamentos da física clássica cujos métodos eram focados em fenômenos isolados. Segundo a teoria, somente em sistemas abertos as trocas são possíveis de ocorrer, criando autoregulações e sinergia.

Ainda segundo Menges e Ahlquist (2011), foi D'arcy Thompson⁵⁰ quem definiu sistemas matemáticos abstratos, os quais fundamentam as formas estruturais orgânicas e suas transformações, introduzindo a compreensão matemática da relação entre forma e formação, enquanto processo evolutivo. Thompson lançava assim a base para a lógica associativa e o

⁴⁷ **Sean Ahlquist** é pesquisador associado do Institute for Computational Design at Stuttgart University. Lecionou na University California Berkeley e na California College of the Arts e fundou a firma de design, Proces 2. Ele possui um Mestrado em Emergent Technologies and Design Programme na Architectural Association, em Londres. **Do original em Inglês:** “Sean Ahlquist is a research associate at the Institute for Computational Design at Stuttgart University. He has taught at the University California Berkeley and California College of the Arts and founded the design firm, Proces 2. He holds a Master of Architecture degree from the Emergent Technologies and Design Programme at the Architectural Association in London.” Fonte: Menges et al. 2011.

⁴⁸ **Do original em Inglês:** “in relation to design, computation is the processing of informational and interactions between elements which constitute a specific environment, the pivotal word being interactions.”

⁴⁹ **Karl Ludwig von Bertalanffy** (Viena, 19 de setembro de 1901 - Buffalo, Nova Iorque, 12 de junho de 1972) foi um biólogo austríaco, criador da Teoria geral dos sistemas, sugerindo que se deve estudar sistemas globalmente, de forma a envolver todas as suas interdependências. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ludwig_von_Bertalanffy Acessado em 08/03/2014.

⁵⁰ **D'Arcy Wentworth Thompson** (2 de maio de 1860 - 21 de junho de 1948) foi um biólogo e matemático escocês. Pioneiro da biologia matemática, é lembrado principalmente como autor do livro publicado em 1917, *On Growth and Form*. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/D%27Arcy_Wentworth_Thompson. Acessado em 08/03/2014.

processo de projeto paramétrico, uma vez que este último pode ser entendido como as relações de interdependência entre restrições geométricas e as interrelações possíveis entre sistemas como, por exemplo, formas, estruturas, meio-ambiente, entre outros exemplos.

Trataremos, a seguir, da discussão que envolve justamente os processos de troca entre os diferentes sistemas, assim como da investigação que pretende definir o quê, afinal de contas, é trocado durante tais processos.

1.1. A Programação como processo de comunicação e cognição

Segundo Brier (1995), desde o começo dos anos 1990 as principais pesquisas em informação e comunicação da ciência têm se debruçado sobre a Ciência Cognitiva. Estas pesquisas retomam a partir da Cibernética, conceitos que visam a construção de uma teoria geral do processamento de informação através das diferenças materiais e organizacionais do animal, do homem e da máquina, conforme já preconizava Wiener nos anos 1948.

Porém, ainda segundo o autor, é preciso considerar que:

- Diferentes sistemas de informação (sistemas nervoso central, os seres humanos, máquinas, animais e organizações) processam informações da mesma maneira.
- Um sistema de linguagem é visto principalmente como um mecanismo formal para a transferência de informação através de manipulação de símbolos entre os seres humanos, máquinas ou entre humanos e máquinas.
- Pensamento lógico consciente é geralmente considerado como um modelo para os processos cognitivos.

Para Brier, no caso do computador, as operações da máquina consistem inteiramente em transformações de símbolos; no decurso de realizar estas operações, o computador é sensível unicamente às propriedades sintáticas dos símbolos e as operações que a máquina executa sobre os símbolos são totalmente confinadas a alterar as suas formas. No entanto, o computador é concebido de tal forma que ele irá transformar um símbolo para outro, se e somente se, as proposições expressas pelos símbolos que são tão transformados permaneçam em certas relações semânticas - por exemplo, que a relação que suporta premissas para a conclusão seja de argumento válido.

O computador manipula sinais que, para os seres humanos, têm um valor simbólico em uma sintaxe lógica descritível em algoritmos, de tal maneira que ela se torna significativa para os

utilizadores de outros idiomas. Deste modo, acredita-se que os processos cognitivos podem ser divididos em partes de um processo e, finalmente, podem ser vistos como uma série de escolhas claras. Estas escolhas podem levar a um processo de aprendizagem, tal como proposta pela Cibernética de Segunda Ordem. A aprendizagem é vista como tendo lugar de acordo com regras e princípios, e é vista principalmente como a construção das estruturas do conhecimento.

Segundo Wiener⁵¹ (1964),

“O aprendizado é uma propriedade que frequentemente associamos apenas aos seres dotados de consciência – quase sempre os seres vivos. Trata-se de fenômeno que se manifesta, de modo característico, no Homem. Constitui um dos atributos do Homem que se pode colocar, sem qualquer dificuldade, ao lado das facetas que, de hábito, se associam a vida religiosa.” (WIENER 1964, p. 22).

Se pudermos supor que o processo de aprendizagem não é restrito aos seres humanos, e se pensarmos que as máquinas são mecanismos capazes de transformar mensagens recebidas em mensagens emitidas, poderemos então concluir que os computadores são capazes de aprender.

Wiener avança sobre a questão:

“Principiemos com as máquinas capazes de aprender. Um sistema organizado pode ser entendido como uma mensagem que transforma certa mensagem recebida em outra mensagem emitida, obedecendo a certos tipos de transformação. Se o princípio de transformação envolve um critério de mérito, relativo ao desempenho, e se o método de transformação é alterado, de maneira a procovar aperfeiçoamento do desempenho do sistema (segundo aquele critério), diz-se que o sistema aprende.” (WIENER 1964, p. 23-24).

Como uma máquina física, os computadores têm sua origem em princípios de John von Neumann⁵² para uma máquina computacional. Seria razoável, propor que o cérebro humano pudesse ser compreendido como o nosso *hardware*, enquanto a mente seria uma espécie de *software*, onde acontece a mediação, e sua “replicação” dependeria da descoberta de um programa adequado que permitisse simulá-la. Se entendermos como esse programa funciona poderemos realizar simulações mais próximas da realidade como se apresenta à nossa

⁵¹ **Norbert Wiener** (Columbia (Missouri), 26 de novembro de 1894 - Estocolmo, 18 de março de 1964) foi um matemático estadunidense, conhecido como o fundador da cibernética. Graduiu-se em matemática aos 14 anos e recebeu o doutorado em lógica aos 18 anos de idade. A contribuição de Wiener para a ciência da computação veio mais tarde. Durante muitos anos, ele trabalhou no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), onde estudou a nova física probabilística e concentrou-se no estudo estatístico do movimento das partículas elementares em um líquido. Entre os anos de 1946 e 1953 integrou o grupo reunido sob o nome de Macy Conferences, contribuindo para a consolidação da teoria cibernética junto com outros cientistas renomados. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Norbert_Wiener. Acesso em 04/08/2014.

⁵² **John von Neumann** (Budapeste, 28 de dezembro de 1903 - Washington, D.C., 8 de fevereiro de 1957) foi um matemático húngaro de origem judaica, naturalizado estadunidense. Contribuiu na teoria dos conjuntos, análise funcional, teoria ergódica, mecânica quântica, ciência da computação, economia, teoria dos jogos, análise numérica, hidrodinâmica das explosões, estatística e muitas outras áreas da matemática. De fato é considerado um dos mais importantes matemáticos do século XX. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann. Acesso em 04/08/2014.

interpretação, assim como poderemos introduzir questões de ordem qualitativa nos parâmetros que definirão o processo de projeto.

Se nós pensamos com símbolos imagéticos, sonoros ou escritos, que são manipulados pela nossa mente, essas operações de manipulação simbólica podem ser descritas através da linguagem e suas várias formas de representação nas programações e nos programas de computador.

A partir de ideias como estas nos anos 1950, pesquisadores como Alan Turing⁵³ começaram a criar máquinas e sistemas de manipulação de símbolos e posteriormente, a partir dos anos 1960, vários cientistas concentraram seus esforços na concepção de máquinas cujo futuro aperfeiçoamento viria a gerar os computadores e os *software* inteligentes. Estas são implementações abstratas da computação proposta por Alan Turing e que levaram à concepção da ideia relacionada a uma máquina universal.

Qualquer programa de computador pode, em algum nível, ser pensado como consistindo de um conjunto de regras que especificam o que deve fazer em cada etapa. Existem muitas formas possíveis para criar essas regras. Um experimento que demonstra a capacidade de aprendizado das máquinas é o *celular autômata*.

Em 1970, John Horton Conway⁵⁴ criou o Jogo da Vida, um processo evolutivo que depende apenas de seu estado inicial, sem a participação de seres humanos. O universo do jogo é uma grade ortogonal ilimitada de células quadradas, cada uma das quais pode apresentar um dos dois estados possíveis a qualquer momento: vivo ou morto. Cada célula interage com suas oito células vizinhas na vertical, horizontal e diagonal. As regras são as seguintes:

- Qualquer célula viva com menos de dois vizinhos vivos morre, como se causado por subpopulação.
- Qualquer célula viva com mais de três vizinhos vivos morre, como se pela superlotação.
- Qualquer célula viva com dois ou três vizinhos vivos vive, sem alterações, para a próxima geração.
- Qualquer célula com exatamente três células vizinhas vivas será preenchida com uma célula viva.

⁵³ **Alan Mathison Turing** (23 de Junho de 1912 - 7 de Junho de 1954) foi um matemático, lógico, criptoanalista e cientista da computação britânico. Foi influente no desenvolvimento da ciência da computação e proporcionou uma formalização do conceito de algoritmo e computação com a máquina de Turing, desempenhando um papel importante na criação do moderno computador. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing. Acessado em 15/08/2012.

⁵⁴ **John Horton Conway** (Liverpool, 26 de Dezembro de 1937) é um matemático ativo na teoria dos grupos finitos, teoria dos nós, teoria dos números, teoria combinatória dos jogos e teoria de códigos. Entre os matemáticos, é conhecido por sua teoria combinatória dos jogos e pela invenção do *Jogo da vida*. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/John_Conway. Acesso em: 04/08/2014.

Considera-se um celular autômata, uma unidade simples que recebe entradas de dois vizinhos imediatos e comunica seu estado interno para os mesmos vizinhos imediatos. Supõe-se que a célula ou unidade pode estar em apenas dois estados (0 ou 1, ativo ou inativo) e que a regra que rege a mudança em cada autômato é simplesmente uma função (Booleana) de dois argumentos (como "e" ou "ou exclusivamente"). Uma vez que podemos escolher uma função para cada um dos dois estados da autômatos celulares, a operação de cada unidade é completamente especificada por um par de funções booleanas. (VARELA et al. 2003, p. 89. Tradução nossa.⁵⁵)

A imagem da Figura 6 mostra um exemplo do que um celular autômata pode produzir ao longo de alguns passos executados:

FIGURA 6: CELULAR AUTÔMATA: PROCESSING.
EXPERIMENTO REALIZADO DURANTE O AA VISITING SCHOOL RJ.
FONTE: AUTOR, 2012

O celular autômata consiste em processo de auto-organização, e pode ser representado graficamente, com unidades de células estabelecidas e representadas cada uma na cor preta ou branca, por exemplo. Como vimos, em cada passo há então uma regra definida que determina a cor de uma dada célula, a partir a cor da célula de suas vizinhas imediatas na etapa anterior, e por esta capacidade de “escolha” das próximas ações, pode-se dizer que o sistema é evolutivo e que tem a capacidade de criar padrões durante o processo em que o jogo se desenvolve.

⁵⁵ **Do original em Inglês:** “Consider a cellular automata, a simple unit that receives inputs from two immediate neighbors and communicates its internal state to the same immediate neighbors. Assume that the cell or unit can be in only two states (0 or 1, active or inactive) and that the rule governing the change in each automata is simply a (Boolean) function of two arguments (such as “and” or “exclusive or”). Since we can choose such a function for each one of the two states of the cellular automata, the operation of each unit is completely specified by a pair of Boolean functions.”

Um outro experimento significativo e muito importante em termos de aprendizado diretamente relacionado à questão do desempenho, e que envolve compensações e equilíbrio de um sistema, foi o homeostato de William Ashby⁵⁶. (Figura 7).

FIGURA 7: HOMEOSTATO DE ASHBY.

FONTE: http://www.psych.utoronto.ca/users/reingold/courses/ai/cache/neur_net.htm

Trata-se de um dispositivo elétrico, que transforma entradas elétricas em saídas. A corrente de entrada passa através de uma bobina no homeostato e gera um campo magnético que exerce um torque em uma agulha ou nas palhetas na parte superior da máquina, fazendo com que ele rode em uma direção ou outra. (PICKERING 2009, p. 415)

Segundo Pickering⁵⁷ (2009), cada homeostato na época foi construído de modo que sua agulha se afastava muito de sua posição central retransmitindo um possível percurso, e o dispositivo aleatoriamente reconfigurava-se. O resultado de reconfiguração aleatória poderia ser uma de duas possibilidades. Tanto o dispositivo iria conseguir uma estabilidade de configuração, em que a agulha se estabelecia agora no meio de sua distribuição, ou iria continuar a ser instável, caso em que a agulha e seus associados atuais continuariam a sair do batente. Nesse caso, um relé operaria novamente e o sistema aleatoriamente reconfigurava-se novamente, e assim por

⁵⁶ **William Ross Ashby** (Londres, 6 de setembro de 1903 - 15 de novembro de 1972) foi um médico neurologista inglês que em 1951 criou o primeiro homeostato, um dispositivo eletrônico auto-regulado por retroalimentação. Entre 1946 e 1953 integrou o grupo reunido sob o nome de Macy Conferences, contribuindo para a consolidação da teoria cibernética junto com outros cientistas renomados. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/William_Ross_Ashby. Acesso em 04/08/2014.

⁵⁷ **Andrew Pickering** é um sociólogo, filósofo e historiador da ciência da *University of Exeter*. Foi professor de sociologia e diretor de ciência e estudos em tecnologia na *University of Illinois em Urbana-Champaign* até 2007. Ele tem um doutorado em física pela *University of London*, e doutorado em Estudos de Ciências pela *University of Edinburgh*. Seu livro *Constructing Quarks: A Sociological History of Particle Physics*, é um clássico no campo da sociologia da ciência. **Do original em Inglês:** "Andrew Pickering is a sociologist, philosopher and historian of science at the University of Exeter. He was a professor of sociology and a director of science and technology studies at the University of Illinois at Urbana-Champaign until 2007. He holds a doctorate in physics from the University of London, and a doctorate in Science Studies from the University of Edinburgh. His book *Constructing Quarks: A Sociological History of Particle Physics*, is a classic in the field of the sociology of science." Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Andrew_Pickering. Acesso em 04/08/2014.

diante até que o dispositivo alcançasse finalmente a estabilidade de configuração. Esta propriedade de inevitavelmente encontrar algum estado estável foi a chave do atributo do homeostato. Este dispositivo foi um exemplo do que Ashby definiu como um sistema ultra-estável, e a demonstração de ultra-estabilidade como uma real possibilidade. (PICKERING 2009, p. 417)

A questão do equilíbrio dos sistemas, tratada nas máquinas inteligentes, coloca em discussão o caminho que remonta à questão da redução do processo de entropia nos sistemas naturais dos quais fazemos parte, os quais influenciemos e a partir dos quais somos influenciados. A programação, como um processo de comunicação e cognição, possibilita a transformação de ideias em números que podem ser traduzidos, por exemplo, em comandos para a concepção e a evolução em sistemas como o celular autômata, ou para definir metas e auto regulação em mecanismos como o homeostato. Na mesma direção, a prévia discussão e a inserção de parâmetros nos Processos Digitais de Projeto, podem permitir a antecipação de possibilidades, no sentido de controlar e regular o processo como um todo, como veremos a seguir.

1.2. Processo de projeto paramétrico (*parametric design*)

Segundo a arquiteta Anja Pratschke (2002), foi a partir dos anos 1960 que os usuários comuns, não especializados em computação, começaram a ter acesso aos computadores e equipamentos, através de workstations. *“Sketchpad era o nome da primeira interface Usuário-Computador, do tipo convencional, desenvolvida por Ivan Sutherland. [...] Sua forma de interação era basicamente gráfica, mas trabalhava sobre elementos importantes da conversação humana.”* (PRATSCHKE, 2002, p. 20).

O usuário entrava em interação com o computador desenhando com uma espécie de caneta diretamente sobre a tela (Figura 8), o que de certa maneira deu início à computação gráfica. A interação humano-máquina configurava então uma relação entre o projetista e seu modo de projetar, mas sobretudo apontava para uma reformulação do modo de pensar o projeto por meio da computação.

FIGURA 8: O SKETCH PAD DE SUTHERLAND
FONTE: DUNN, 2012.

Este início de interação humano-máquina evoluiu ao longo das últimas décadas, passando por fases onde os computadores eram usados dentro do mesmo paradigma representacional, até chegar em processos onde a mediação digital influencia o ato projetivo em si e em sua relação com outros sistemas. Kotnik (2010) aponta que a reformulação do pensamento por meio de computação é também uma mudança de paradigma nas ciências como a física ou a biologia, causada pela introdução do computador como a principal ferramenta para a simulação e modelagem de processos naturais, o que resultou em uma substituição do reducionismo como o paradigma predominante da atividade de pesquisa.

... a compreensão mecanicista da natureza e da contínua redução de cima para baixo do todo em partes têm sido trocadas a partir de padrões de interação local para o arranjo global geral das partes como uma propriedade de baixo para cima emergente do sistema global. Não é de surpreender que os arquitetos se interessaram por esses modelos sistêmicos da natureza devido a novos métodos relacionados de organização e forma de geração fornecidos por computadores e os software apropriados. Como resultado, ao longo da última década, noções sistêmicas e conceitos da ciência têm se difundido no discurso arquitetônico e estão atualmente sendo explorados para fins de projeto. (KOTNIK, 2010 p. 03. Tradução nossa⁵⁸).

⁵⁸ **Do original em Inglês:** “... the mechanistic understanding of nature and the continuous top-down reduction of the whole into parts has been exchanged from patterns of local interaction to the overall global arrangement of the parts as an emergent bottom-up property of the overall system. It is not surprising that architects became interested in these systemic models of nature due to related new methods of organisation and form-generation provided by computers and appropriate software. As a result, over the past decade, systemic notions and concepts from science have diffused into architectural discourse and are currently being explored for design purposes.”.

Ainda de acordo com o autor, a arquitetura estaria participando de uma revolução intelectual que está acontecendo ao nosso redor. O pensamento computacional está influenciando a pesquisa em quase todas as disciplinas, tanto nas ciências e nas humanidades, e assim, está mudando a maneira como pensamos e projetamos.

Poderíamos descrever o Processo de Projeto Paramétrico como sendo um método fundamentado em técnicas de criação e modelagem digital, a partir de sistemas de programação que antecipam a tomada de decisões para uma etapa bastante inicial do processo de projeto - a fase de definição dos parâmetros (*inputs*). Um parâmetro pode ser entendido como o valor de uma variável que, ao mudar, fornece uma característica diferente ao componente, mas mantém uma relação tipológica indicial com este componente em seu estado original.

De acordo com Neil Leach⁵⁹ (s.d.), o *design paramétrico* encontra-se atualmente a conquistar sua hegemonia, talvez sucedendo a industrialização de primeira e segunda fase como o próximo momento histórico relevante de inovação sistemática significativa para a Arquitetura, em termos de método e processo de produção (LEACH, s/d p.34). Ainda segundo o autor, o *design paramétrico* promove uma ruptura e finaliza uma fase de transição e incerteza gerada pela crise da Arquitetura Modernista e que foi marcada por uma série de episódios arquitetônicos de busca por outros caminhos com duração relativamente curta. Não compartilhamos integralmente dessa visão otimista e pragmática, assim como não imaginamos como um processo evolutivo dinâmico poderia ser retratado de modo estanque. A transição para processos de projetos híbridos envolve saberes e procedimentos baseados nas relações entre indivíduos e algoritmos e estas são relações ainda muito recentes, se comparadas à história da própria arquitetura.

Porém, acreditamos que o processo de projeto possibilitado pelo potencial paramétrico favorece a colaboração criativa e pode ser alimentado por entradas (*inputs*) socio-culturais, parâmetros inseridos no sistema, de baixo para cima (*bottom-up*). Deste modo, o processo de projeto paramétrico poderia fornecer condições para que outras questões implícitas, porém inerentes ao contexto de projeto, pudessem ser melhor trabalhadas e, assim, potencializadas. Michael Meredith escreve sobre este aspecto: “Em última análise, o que nos interessa sobre o projeto paramétrico é exatamente o que ele exclui, a dimensão sócio-política da arquitetura. O potencial do Paramétrico é produzir uma rede hyperinclusiva de parâmetros e relacionamentos - quanto mais multivalente o objeto, mais significativo e complexo ele é.” (MEREDITH, 2008 p.08

⁵⁹ **Neil Leach** é um arquiteto e teórico. Atualmente leciona na Universidade da Califórnia do Sul e lecionou na University of Brighton, University of Bath, Architectural Association School of Architecture, entre outros. Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Neil_Leach. Acessado em: 15/08/2013.

Tradução nossa.⁶⁰). Posteriormente, no capítulo 4, discutiremos sobre as redes e as estratégias possíveis de serem adotadas a partir do estabelecimento de conexões socioculturais para Processos Digitais de Projeto.

O que se verifica, contudo, é que atualmente a aplicação de suas técnicas parece difundir-se em muitas possibilidades, colocando o Processo de Projeto Paramétrico em evidência em várias áreas da produção arquitetônica contemporânea, do *design* de interiores ao desenho urbano de grande escala. Percebe-se em função dessa gama de possibilidades atualmente verificada na prática projetual, que uma das maiores potencialidades a serem exploradas pelo Processo de Projeto Paramétrico é a sua grande capacidade para articular as mais variadas complexidades integrando vários sistemas, como podemos observar na imagem a seguir (Figura 9).

FIGURA 9: GEOMETRIAS COMPLEXAS: RHINO + GRASSHOPPER.
EXERCÍCIO REALIZADO NO AA VISITING SCHOOL SP 2011⁶¹
FONTE: AUTOR, 2011.

A Figura acima mostra a interface computacional de um exercício de subdivisão de uma geometria complexa que explora uma espacialidade criada a partir de parâmetros pré-definidos de projeto. Estes parâmetros possuem capacidades, como por exemplo, de serem flexíveis e

⁶⁰ **Do original em inglês:** “Ultimately, what interest us about the parametric project is exactly what it excludes, the socio-political dimension of architecture. Parametric’s potential is to produce a hyperinclusive network of parameters and relationships - the more multivalent the object the more meaningful and complex it is.”

⁶¹ http://saopaulo.aaschool.ac.uk/?page_id=1194

ajustáveis (o que pode ser observado no *slider*⁶² destacado em verde na área da direita, na programação que está ocorrendo no ambiente do *Grasshopper*), na medida em que o próprio projeto se desenvolve e são configurados a partir de desempenhos desejáveis alterando entradas (de dados) de projeto ou parâmetros – chamados de *inputs*, como, por exemplo, a espessura e a resistência dos componentes projetados (definidas a partir de propriedades físicas dos materiais) ou níveis de luminosidade em função da regulação das aberturas da superfície (o que pode ser observado na representação tridimensional do projeto na tela da esquerda no ambiente do *Rhino*), entre outras inúmeras possibilidades.

Outra questão relevante é o fato de que o Processo de Projeto Paramétrico está atualmente recuperando e revendo fundamentos da Arquitetura que estiveram presentes em muitas fases da história da humanidade e que sempre buscaram base em outros campos do conhecimento como, por exemplo, a matemática, a biologia e os estudos da linguagem, esta última compreendida em toda a sua ampla capacidade de comunicação. Sob certo aspecto, os tratados mais antigos da arquitetura, os saberes compartilhados pelos grandes cânones da história, como os textos de Alberti⁶³, que traziam em sua essência uma descrição de procedimentos que em muito se assemelhavam a detalhadas instruções acerca de métodos construtivos e proporções a serem adotados, são comparáveis aos *scripts*⁶⁴ usados no *design* paramétrico, conforme atesta Mario Carpo:

"... textos alfabéticos e números, eram conhecidos por viajar através do espaço e do tempo mais rápido e com mais segurança do que imagens. E, na época de Alberti, a maioria dos estudiosos teriam sabido que a fidelidade de uma cópia à mão de um desenho manuscrito também era inversamente proporcional à complexidade do desenho, e à sua distância a partir do arquétipo. Diagramas geométricos simples, por exemplo, poderiam sobreviver a várias rodadas de cópia relativamente incólumes, mas desenhos mais ricos ou menos geometricamente definíveis não podiam. Textos em ordem alfabética (e sequências numéricas, tanto no Hindú-Árabe como nas notações Latinas) têm uma vantagem sobre os desenhos feitos à mão: letras e números, todos juntos, fazem uma espécie de lista de sinais padronizados exatamente repetitivos: um desenho é

⁶² Um *slider* é uma ferramenta que permite a variação de valores em relação à uma determinada função, e cujas alterações no *design* podem ser observadas em tempo real.

⁶³ Leon Battista Alberti (Génova, 18 de Fevereiro de 1404 — Roma, 20 de Abril de 1472) foi um arquiteto, teórico de arte e humanista italiano. Ao estilo do ideal renascentista, foi filósofo da arquitetura e do urbanismo, pintor, músico e escultor.

⁶⁴ Um *script* é um conjunto de instruções para uma determinada ação que o programa ou aplicativo realizará. Fonte: <http://www.dicionarioinformal.com.br/script/>.

feito de um número imprevisível de sinais, nenhum deles padronizado ou exatamente repetitivo". (CARPO 2011, p. 53. Tradução Nossa65).

Através da utilização de um sistema de coordenadas polares para traduzir um conteúdo gráfico em listas de coordenadas, Alberti incluía as mensagens submetidas em listas de coordenadas em vez da imagem, e também as instruções para posteriormente traduzir estas coordenadas em um tipo de desenho que poderia ser visto hoje como um processo de digitalização da informação (Figura 10).

FIGURA 10: QUEYSANNE E THÉPOT. RECONSTRUINDO UM MAPA SEGUNDO O MÉTODO DE ALBERTI
FONTE: CARPO, 2011.

Portanto, podemos afirmar que a herança de um saber geométrico advindo do período clássico, é atualmente potencializada por algoritmos e funções matemáticas com altíssima capacidade de cálculo e de construção tridimensional em ambientes digitais, ao mesmo tempo em que as interfaces dos *software* de *design paramétrico* se tornam cada vez mais amigáveis aos usuários, além de permitirem que estes aprendam a lidar com a programação, além de outros conhecimentos. Deste modo, nos projetos arquitetônicos contemporâneos, uma significativa mudança de ênfase pode ser detectada - um reposicionamento em direção a um aprofundamento maior na questão da *performance*⁶⁵. Aspectos econômicos, ambientais e

⁶⁵ **Do original em inglês:** "... alphabetical texts and numbers were known to travel across space and time faster and more safely than pictures. And, at the time of Alberti, most scholars would have known that the fidelity of a handmade copy of a manuscript drawing was also in inverse proportion to the complexity of the drawing, and to its distance from the archetype. Simple geometrical diagrams, for example, could survive several rounds of copying relatively unscathed, but richer or less geometrically definable drawings could not. Alphabetical texts (and numerical sequences, both in the Hindu-Arabic and in the Latin notations) have one advantage over handmade drawings: letter and numbers, all together, make for a sort of list of exactly repeatable standardized signs: a drawing is made up of an unpredictable number of signs, none of them standart or exactly repeatable". (CARPO 2011, p. 53).

⁶⁶ **Performance:** *n* 1 execução, efetuação. 2 cumprimento, desempenho. 3 façanha, proeza. 4 representação, artística, espetáculo. 5 atuação (de artista, atleta, etc.). 6 capacidade de trabalho mecânico, rendimento. Fonte: Dicionário Michaelis.

sociais, entre outros parâmetros, estão sendo tratados como possíveis *inputs* de suma importância dentro do processo de projeto desde sua concepção inicial.

Aspectos econômicos, ambientais e sociais, entre outros parâmetros, estão sendo tratados como *inputs* de suma importância dentro do processo de projeto desde sua concepção inicial. É como se outro olhar sobre a questão da concepção projetiva estivesse emergindo, a partir das possibilidades que os *software* oferecem de orientar o processo criativo focando no desempenho. A partir do desenvolvimento do projeto e da evolução das experimentações a própria forma acaba por resultar em função das escolhas previamente adotadas.

Portanto este conjunto de procedimentos exploratórios tende a localizar o discurso arquitetônico dentro de um objetivo mais recortado onde diversos parâmetros como o uso eficiente dos recursos, o comportamento dos materiais, a incorporação de conceitos biológicos de organização e interação, o equilíbrio sistêmico, o potencial da geometria como suporte estrutural, entre outros, substituem assim as especulações estético-formais de obras do período pós-moderno que estavam vigendo até a virada do século, e que poderia-se afirmar, privilegiavam a representação em detrimento do desempenho.

Um importante aliado para processos de projeto que se utilizam da parametrização e que merece destaque é a modelagem da informação da edificação (*Building Information Modeling* ou *BIM*), sendo uma matriz ampliada dos sistemas CAD (*Computer Aided Design*), que parte de um único modelo centralizador de todas as informações que envolvem o processo de projeto e a sua produção ao longo do ciclo de vida. Inclui projeto, construção e gerenciamento do edifício, sendo fundamentado no conceito de colaboração, o qual permite o trabalho conjunto entre diferentes equipes de projeto em um mesmo ambiente digital. Os componentes BIM são considerados objetos digitais que descrevem e representam os elementos disponíveis fisicamente na construção de modo parametrizado. Assim, a parametrização permite um controle sobre o desempenho do componente, tornando-o flexível e alterável.

Características como as acima citadas justificam a crescente utilização de processos de projeto paramétricos, assim como apontam para sua relevância nos mais variados modos de produção arquitetônica contemporânea. O *design* paramétrico permite um processo de projeto que ao mesmo tempo pode pressupor e preceder a experimentação, a prototipagem e a fabricação digital em amplo sentido, sendo baseado na programação de *scripts* e definições de códigos que agregam parâmetros na concepção inicial do projeto, promovendo assim, uma mudança de abordagem em relação ao método de projeto. Torna-se fundamental uma atitude diferenciada em relação ao processo, a exemplo do que propõe Robert Woodbury:

O Paramétrico é mais sobre uma atitude de espírito do que qualquer aplicativo de software específico. Tem suas raízes na concepção mecânica, como tal, para os arquitetos é emprestado pensamento e da tecnologia. Está é uma maneira de pensar que alguns designers podem achar alienígena, mas o primeiro requisito é uma atitude da mente que busca expressar e explorar as relações. (WOODBURY 2010, p.01. Tradução Nossa. ⁶⁷)

Para Woodbury (2010), existem diferentes tipos de sistemas paramétricos. Segundo o autor,

Cada um deles é definido por sua abordagem para a resolução de restrição, e cada um tem suas próprias características e implicações para o trabalho do design. Abordagens baseadas em Gráfico representam objetos como nós em um gráfico e os restringe como links [...] Abordagens baseadas em Lógica, descrevem os problemas como axiomas, sobre os quais a busca de uma solução ocorre através da aplicação de regras de inferência lógica. Abordagens Algébricas traduzem um conjunto de restrições em um sistema não linear de equações, as quais são então resolvidas por uma, ou por uma variedade de técnicas. [...] Linguagens Restritivas [...] utilizam um design com linguagem orientada a objetos declarativa, para construir modelos de restrição muito grandes para projeto de engenharia. Sistemas de Gerenciamento Restritivos [...] fornecem as primitivas e as restrições que não estão agrupados e com a qual o usuário pode sobre-restringir o sistema, mas deve dar algum valor (ou utilidade) para a resolução de restrições diferentes. (WOODBURY 2010, p. 12. Tradução nossa⁶⁸).

O autor aponta ainda para um Sistema Baseado em Propagação (AISH e WOODBURY, 2005 apud WOODBURY 2010, p. 12. Tradução nossa⁶⁹), que deriva de alguns aspectos da abordagem baseada em gráficos, mas presume que se um usuário organiza um gráfico, então este pode ser diretamente resolvido.

Portanto, para a utilização do *design* paramétrico, é necessário saber estabelecer previamente as relações de projeto desejadas, as quais representam um complexo ato do pensar e do comunicar, e que requer uma atitude condizente com o processo de parametrização.

O design paramétrico depende de definir relações e a boa-vontade (e capacidade) do designer para considerar a fase de definição das relações como parte integrante do processo mais amplo de design. Inicialmente, requer o designer para dar um passo para trás na ação direta do design e se concentrar na lógica que liga o projeto conjuntamente. Este processo de criação de relacionamento

⁶⁷ **Do original em Inglês:** "Parametric is more about an attitude of mind than any particular software application. It has its roots in mechanical design, as such, for architects it is borrowed thought and technology. It is a way of thinking that some designers may find alien, but the first requirement is an attitude of mind that seeks to express and explore relationships."

⁶⁸ **Do original em Inglês:** "Each is defined by its approach to constraint solving, and each has its own characteristics and implications for design work. Graph-based approaches represent objects as nodes in a graph and constrain as links [...] Logic-based approaches describe problems as axioms, over which search for a solution occurs by applying logical inference rules. Algebraic approaches translate a set of constraints into a non-linear system of equations, which is then solved by one or a variety of techniques. [...] Constraint languages [...] use a declarative object-oriented language design to build very large constraint models for engineering design. Constraint management systems [...] provides primitives and constraints that are not bundled together and with which the user can overconstrain the system, but must give some value (or utility) for the resolution of different constraints."

⁶⁹ **Do original em Inglês:** "Propagation-based System."

exige uma notação formal e introduz conceitos adicionais que não têm sido previamente considerados como parto de "pensar o design". (WOODBURY 2010, p. 24. Tradução nossa.⁷⁰

Trata-se de uma questão de mudança de atitude em relação à concepção do projeto. Explorar as relações paramétricas a partir da participação colaborativa de todos os envolvidos no processo de *design* diz respeito à necessidade de discussão prévia entre todos os envolvidos, durante a elaboração dos parâmetros, numa estratégia do tipo *bottom-up*.

Segundo Woodbury⁷¹ (2010), a antecipação da discussão a respeito do *design* do próprio projeto faz com que valores como, por exemplo, flexibilidade, interatividade e responsividade, possam ser implementadas com sucesso, caso desejado pelos agentes de projeto, ou seja, a comunidade envolvida. Mesmo valores e conceitos não definidos nessa fase inicial, poderiam ainda encontrar um lugar no desenvolvimento do projeto se este fosse programado para que situações imprevistas pudessem acontecer.

Design é mudança. Modelagem paramétrica representa a mudança [...] As pessoas fazem design. Planejamento e implementação de mudança no mundo entorno de nós é uma das principais coisas que nos tornam humanos. A linguagem é o que dizemos, design e fabricação é o que fazemos. Computadores são apenas um novo meio para esta antiga empreitada. É verdade que eles são os primeiros meios verdadeiramente ativos. Como processadores de símbolos gerais, o computador pode apresentar tipos quase ilimitados de ferramentas. Com trabalho artesanal e cuidado, podemos programá-los para fazer muito do que chamamos de design. Mas não tudo. Designers continuam a surpreender-nos com novas funções e formas. Às vezes, um novo trabalho incorpora sabedoria, um bem precioso num mundo finito. Para o empreendimento humano de design, sistemas paramétricos trazem novas e necessárias capacidades de adaptação ao contexto e à contingência e explorar as possibilidades inerentes a uma idéia. (WOODBURY 2010, p.07)⁷²

⁷⁰ **Do original em Inglês:** "Parametric Design depends on defining relationships and the willingness (and ability) of the designer to consider relationship-definition phase as an integral part of the broader design process. It initially requires the designer to take on step back from direct activity of design and focus on the logic that binds the design together. This process of relationship creation requires a formal notation and introduces additional concepts that have not previously been considered as parto of 'design thinking'."

⁷¹ **Robert Woodbury** é Mestre e Doutor (Carnegie Mellon), atuou no corpo docente da CMU (1982-1993), Universidade de Adelaide (1993-2001), Universidade Técnica de British Columbia (2001-2002) e atualmente atua na Simon Fraser. Foi fundador do *Graduate Program Chair em Artes e Tecnologias Interativas* na SFU. De 2005-2008 foi Diretor Científico do Projeto Rede de Pesquisa Canadense e atualmente é o Diretor do *Art and Design Practice* do *Graphics, Animation and New Media Network*. **Do original em Inglês:** "Robert Woodbury is MSc and PhD (Carnegie Mellon), has served on the faculty at CMU (1982-1993), Adelaide University (1993-2001), Technical University of British Columbia (2001-2002) and is now at Simon Fraser. He was founding Graduate Program Chair in Interactive Arts and Technology at SFU. From 2005-2008 he was Scientific Director of the Canadian Design Research Network and is currently the Director, Art and Design Practice of the Graphics, Animation and New Media Network."

⁷² **Do original em Inglês** "Design is change. Parametric modeling represents change [...] People do design. Planning and implementing change in the world around us is one of the key things that make us human. Language is what we say; design and making is what we do. Computers are simply a new medium for this ancient enterprise. True, they are the first truly active medium. As general symbol processors, computer can present almost limitless kinds of tools. With craft and care, we can program them to do much of we call design. But not all. Designers continue to amaze us with new functions and form. Sometimes new work embodies wisdom, a precious commodity in a finite world. To the human enterprise of design, parametric systems bring fresh and needed new capabilities in adapting to context and contingency and exploring the possibilities inherent in an idea". Tradução nossa.

Gostaríamos de argumentar também, que tais parâmetros deveriam, na medida do possível, ser construídos coletivamente. Com o modo do fazer coletivo, valores relacionados à apropriação do espaço podem emergir, resultando numa relação no nível da experiência, mais próxima entre as pessoas e a espacialidade a ser criada, gerando novos significados a partir da criação colaborativa dos envolvidos.

Trataremos a seguir das questões que envolvem a continuidade dos processos de concepção a partir das experimentações iniciadas em ambiente digital e cuja sequência é possibilitada pela tecnologia atualmente disponível para a produção.

1.3. Prototipagem rápida e fabricação digital

De acordo com Orciuli⁷³ e Celani⁷⁴ (2010), “as técnicas de fabricação digital podem ser classificadas em três categorias: aditivas, subtrativas e formativas”. (ORCIUOLI e CELANI 2010, p.69). Estas técnicas de fabricação permitem que os arquivos digitais sejam enviados diretamente do computador para as máquinas de produção, como por exemplo o robô Kuka (Figura 11). Este processo, também conhecido como file-to-factory, exige também concepções diferenciadas no ato de representar os processos digitais de projeto associado à fabricação digital.

⁷³ **Affonso Orciuli** é arquiteto e urbanista pela FAU-Mackenzie, professor na Escola Tècnica Superior d'Arquitectura da Universitat Internacional de Catalunya e no Istituto Europeo de Design, ambos em Barcelona. Membro do grupo de pesquisas Arquitecturas Genéticas, do CEI do SiGRaDi, e fundador do grupo ToolinGroup e da Rede Brasileira de Fabricação Digital. Fonte: <http://blogs.pini.com.br/arquiteturas-avancadas/Fixos/sobre-o-blog.aspx>. Acesso em 06/08/2014.

⁷⁴ **Gabriela Celani** é Professora Associada da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Campinas, Brasil. Ela é a coordenadora do LAPAC, o Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção. Desenvolve pesquisas em design computacional, que incluem a aplicação de teorias e tecnologias de computação, lógica e da matemática em arquitetura e urbanismo. Seu trabalho se concentra em prototipagem rápida, fabricação digital, digitação 3D e automação do processo de design. **Do original em Inglês:** “*Gabriela Celani is an Associate Professor at the School of Civil Engineering, Architecture and Urban Design at the University of Campinas, Brazil. She is the head of LAPAC, the Laboratory for Automation and Prototyping for Architecture and Construction. She develops research in Computational Design, which includes the application of theories and technologies from computation, logic and mathematics in architecture and urban design.*” Fonte: <http://www.fec.unicamp.br/~celani/>. Acesso em 06/08/2014.

FIGURA 11: ROBÔ KUKA – IAAC BARCELONA
FONTE: AUTOR, 2013.

Segundo Pupo⁷⁵ (2008), a prototipagem rápida inclui todas as técnicas de prototipagem de rápida execução (sobreposição de camadas), impressoras 3D (Figura 12), corte a laser, fresas e corte com vinil, para a produção de maquetes em escalas reduzidas e protótipos em escala 1:1, enquanto a fabricação digital inclui técnicas destinadas à produção de edifícios ou partes deles (*file-to-factory*, *metal* e *tube bending*). Estas, por sua vez, destinadas à produção de fôrmas ou peças finais de edifícios, com equipamentos de CNC.

FIGURA 12: LABORATÓRIO DE FABRICAÇÃO DIGITAL – AA, LONDRES
FONTE: AUTOR, 2013.

⁷⁵ **Regiane Pupo** possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela PUCCAMP - Pontifícia Universidade Católica de Campinas (1986), mestrado em Engenharia de Produção pela UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina (2002), doutorado pelo Programa de Pós Graduação da FEC - Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas (2009) e pós doutorado na FEC/UNICAMP (2011) desenvolvendo pesquisa em prototipagem rápida, digitalização 3D e fabricação digital para arquitetura. Em 2007 participou da implementação do laboratório de Arquitectura Computacional (ISTAR) no IST - Instituto Superior Técnico de Lisboa, Portugal, atuando com Prototipagem Rápida para arquitetura. Atualmente é professora da Universidade Federal de Santa Catarina. Fonte: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?metodo=apresentar&id=K4776290H6>. Acesso em 06/08/20114.

Para Kas Oosterhuis, coordenador do grupo de pesquisa *Hyperbody* da TU Delft, Holanda, as tecnologias de prototipagem rápida e fabricação digital nos permitem avançar sobre o paradigma modernista da produção em massa e o ganho de escala:

Agora nós temos uma tecnologia diferente. Nós temos tecnologia para customizar, ou seja, para produzir séries de objetos únicos, de componentes únicos. Não há como justificar que todos os elementos em um edifício sejam o mesmo. Não há justificativa para ter uma janela que se repete. Ou ter colunas que se repetem, ou qualquer coisa – cadeiras! Não há razão! Porque a produção em massa, na verdade, está aberta para a variação de parâmetros durante o processo de produção. Nós podemos produzir séries de componentes únicos. (OOSTERHUIS apud ALVES, 2013).

Na Arquitetura, há a possibilidade amplamente desenvolvida da representação tridimensional a partir de modelos reduzidos ou maquetes. Os modelos cumprem a importante função de fornecer uma representação do projeto que em muito se assemelha à própria obra arquitetônica a ser realizada no futuro, com aspectos de materializade que permitem esta visualização prévia do objeto, a partir de um signo muito coerente para o cérebro humano.

As maquetes arquitetônicas permitem também a atualização constante dos significados na medida em que o projeto evolui. Sua abrangência vai além da questão do representar e avança também em relação ao desempenhar. Muitas verificações são possíveis a partir dos modelos reduzidos e arquitetos se utilizaram desse tipo de estratégia em seus projetos. Apenas para citar um dos mais emblemáticos, apontamos os estudos com maquetes realizados por Antoni Gaudí⁷⁶ para a Igreja da Sagrada Família. (Figuras 13 e 14).

⁷⁶ **Antoni Gaudí i Cornet** (Reus ou Riudoms, 25 de junho de 1852 — Barcelona, 10 de junho de 1926) foi um famoso arquiteto catalão e figura de ponta do Modernismo catalão. As obras de Gaudí revelam um estilo único e individual e estão em sua maioria na cidade de Barcelona. Grande parte da obra de Gaudí é marcada pelas suas grandes paixões: arquitetura, natureza e religião. Gaudí dedicava atenção aos mais ínfimos detalhes de cada uma das suas obras, incorporando nelas uma série de ofícios que dominava: cerâmica, vitral, ferro forjado e marcenaria. Introduziu novas técnicas no tratamento de materiais, como o *trencadís*, realizado com base em fragmentos cerâmicos. Depois de vários anos sob influência do neogótico e de técnicas orientais, Gaudí tornou-se parte do movimento modernista catalão, que atingiu o seu apogeu durante o final do século XIX e início do século XX. O conjunto da sua obra transcende o próprio movimento, culminando num estilo orgânico único inspirado na natureza. Gaudí raramente desenhava projetos detalhados, preferindo a criação de maquetes e modelava os detalhes à medida que os concebia. A obra de Gaudí é amplamente reconhecida internacionalmente e objeto de inúmeros estudos, sendo apreciada não só por arquitetos como pelo público em geral. A sua obra-prima, a inacabada Sagrada Família, é um dos monumentos mais visitados de Espanha. Entre 1984 e 2005, sete das suas obras foram classificadas como Património Mundial pela UNESCO. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Antoni_Gaud%C3%AD. Acesso em 06/08/2014.

FIGURA 13: ESTUDO ESTRUTURAL COM MODELO REDUZIDO PARA A IGREJA DA SAGRADA FAMÍLIA, DE ANTONI GAUDÍ.
FONTE: AUTOR, 2011.

FIGURA 14: IGREJA DA SAGRADA FAMÍLIA BARCELONA, ANTONI GAUDÍ.
FONTE: AUTOR, 2011.

Os processos Digitais de projeto associados às possibilidades de prototipagem e fabricação digital permitem uma potencialização das técnicas construtivas, que continuam sendo verificadas e possibilitam a evolução do projeto arquitetônico, enquanto signo da obra a ser produzida. Este processo de projeto está sendo atualmente empregado na Igreja da Sagrada Família aproximadamente cem anos depois do projeto inicial, e permite a continuidade de sua

construção, inclusive de modo colaborativo. Segundo Mark Burry⁷⁷ (2004), consultor do projeto atual, a modelagem paramétrica permitiu às equipes australianas e espanholas colaborarem no projeto e na construção do transepto oeste da rosácea na Igreja inicialmente projetada por Antoni Gaudí e ainda em construção, a Sagrada Família (Figura 15).

FIGURA 15: MODELOS DIGITAIS E FÍSICOS (A PARTIR DA FABRICAÇÃO DIGITAL)
APLICADOS À FACHADA DA SAGRADA FAMÍLIA.
FONTE: BURRY, 2004

De acordo com o autor, o modelo na época levou seis semanas para ser construído, e utilizou geometria associativa para criar uma hierarquia de relações na prototipagem tridimensional realizada com impressão de cêra. (BURRY 2004, p.11).

Processos digitais de projeto assim como as prototipagens e as experiências construtivas realizadas a partir da fabricação digital, nos levam a um importante questionamento: como opera a questão do signo no ato de representar, de acordo com os princípios semióticos?

⁷⁷ **Mark Cameron Burry** (nascido em 24 de fevereiro de 1957) é um arquiteto de Nova Zelândia, que é professor de Inovação e Diretor do Laboratório de Arquitetura da Informação Espacial e diretor fundador do Instituto Projeto de Pesquisa na Universidade RMIT, em Melbourne, na Austrália. Ele também é arquiteto executivo e pesquisador do Templo da Sagrada Família em Barcelona, Catalunha, Espanha. Do original em Inglês: "Mark Cameron Burry (born 24 February 1957) is a New Zealand architect, who is the Professor of Innovation and Director of the Spatial Information Architecture Laboratory and founding Director of the Design Research Institute at RMIT University, Melbourne, Australia. He is also executive architect and researcher at the Temple Sagrada Família in Barcelona, Catalonia, Spain.". Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Mark_Burry. Acesso em 06/08/2014.

1.4. Mediação digital: da representação à performance.

Podemos supor que representar em tempo real um objeto, e a atualização constante de seu signo a partir de sucessivos procedimentos de observação alteram consideravelmente a percepção desse objeto. Se tomarmos como exemplo os processos de projeto paramétricos, a programação por meio de símbolos matemáticos que representam funções e algoritmos, torna-se necessário um nível maior de abstração, no sentido da própria representação do projeto, enquanto signo da arquitetura a ser produzida.

Quais modificações, em termos de concepção do processo de projeto ocorrem, quando o próprio significado do processo é alterado? Projetar a partir de processos híbridos, envolve uma capacidade de significação e representação diferenciadas em relação à processos analógicos até pouco tempo utilizados. As possibilidades de produção de significados a partir de algoritmos genéticos, por exemplo, reposicionam a questão da representação, que em outros métodos poderiam ser feitas a partir de desenhos, em direção a uma representação mais dinâmica, que envolve o comportamento dos organismos simulados em tempo real, dentro do ambiente digital de projeto.

Acreditamos que a observação dos fenômenos (segundo critérios semióticos sugeridos por Peirce e que serão estudados posteriormente), especialmente relacionados às mudanças ocorridas a partir da mediação digital, pode propor reflexões contextualizadas, propondo outros significados aos processos. O significa, por exemplo, a utilização da prototipagem e da fabricação digital e quais são as implicações, tanto no processo de concepção, como no desenvolvimento de materiais e nas relações que se estabelecem entre suas propriedades físico-químicas e o *design* proposto?

Na figura abaixo (Figura 16) segue um exemplo de técnica que se utiliza de um processo de projeto digital com inspiração biológica, associada à impressão digital, onde se produziu uma representação contemporânea de pulmões com características fortemente relacionadas à *performance* que o aparelho respiratório humano precisa executar. Como consequência, a experimentação resultou em uma representação bastante evoluída, que mimetiza aspectos biológicos que se aproximam muito da realidade na qual reconhecemos a forma (dentre outras características) de pulmões humanos:

FIGURA 16: REPRESENTAÇÃO: PULMÃO DE RESINA - PLOTAGEM 3D ADITIVA.
FONTE: WEINSTOCK, 2008

O filósofo Andrew Pickering (2009) em seu livro *The Mangle of Practice*, propõe uma reflexão sobre o universo do representar, apontando para a importância da transposição da abordagem representacional para outra, performativa, em direção ao desempenhar:

*Em meu livro, *The Mangle of Practice* (Pickering 1995b), lutei para encontrar a melhor análise que pude de com o quê a prática científica - ou apenas a prática humana comum no mundo material - se parece. E eu acabei discutindo para o que era, e parecia-me, uma mudança difícil e fundamental na forma como nós pensamos sobre o que é estar no mundo. Tradicionalmente, os estudos da ciência têm operado no que chamei o idioma representacional, o que significa que ele tem tomado como certo de que a ciência é, acima de tudo, sobre a representação do mundo, mapeando-o, produzindo conhecimento articulado do mesmo. Assim, os estudos científicos neste idioma são um empreendimento em epistemologia. (PICKERING 2009, p. 414. Tradução nossa⁷⁸).*

E acrescenta:

[...] concluí que esta é uma maneira ruim de entrar na análise da prática, e que precisamos avançar no sentido da ontologia e do que eu tenho chamado de a linguagem performativa - uma perspectiva descentrada que está em causa com agenciamento - fazer as coisas do mundo - e com a interação emergente da ação humana e material. Pode-se, evidentemente, estar ainda interessado em epistemologia e produção de conhecimento, mas a minha conclusão foi que deve-se ver o conhecimento científico como constitutivamente ligado à dança do agenciamento humano e não

⁷⁸ **Do original em Inglês:** "In my book, *The Mangle of Practice* (Pickering 1995b), I struggled to find the best analysis I could of what scientific practice - or just ordinary human practice in the material world - looks like. And I ended up arguing for what was, it seemed to me, a difficult and fundamental shift in how we think about what being in the world is like. Traditionally, science studies has operated in what I called the representational idiom, meaning that it has taken it for granted that science is, above all, about representing the world, mapping it, producing articulated knowledge of it. So science studies in this idiom is a venture into epistemology."

humano, como eu romanticamente havia rotulado, em vez de um tópico autossuficiente para a investigação nele mesmo. (PICKERING 2009, p. 414. Tradução nossa⁷⁹).

Assim, Pickering propõe a mudança de um idioma representacional para um idioma performático, expandindo a noção de cultura para uma dimensão também científica, ou seja, onde o conhecimento científico possa incluir também as questões sociais e culturais (PICKERING 2009). Por enquanto, gostaríamos de destacar que sair de uma visão epistemológica em direção a uma abordagem ontológica pressupõe abandonar uma posição nominalista e assumir outra realista, admitindo que todas as coisas possuem existência real independente da interpretação humana.

Do mesmo modo, perceber que os sistemas possuem certos níveis de desempenho, leva à busca da ampliação de sua compreensão, e somente a partir dessa compreensão poderemos simular e construir sistemas arquitetônicos mais complexos, que possam se relacionar de forma mais eficiente e integrada com o meio ambiente do qual fazem parte, assim como com outros sistemas.

O arquiteto Michael Hensel aponta que nos anos 1940 e 1950 um esforço intelectual foi realizado e ficou conhecido como *performative turn*, ou a mudança performativa, que era constituída por uma mudança de paradigma nas humanidades e nas ciências sociais com foco em teorizar performance como uma categoria social e cultural:

Essa mudança de paradigma compreendeu dois principais desenvolvimentos. O primeiro empreendimento surgiu a partir de esforços que perseguiram o desenvolvimento de uma visão específica sobre um paradigma dramaturgical a ser aplicado à cultura em geral, que abriu o conceito de desempenho para a arena pública significativamente maior e permitiu um paradigma dramaturgical em que toda a cultura pode ser vista como o desempenho (ver Kenneth Duva Burke, Victor Wittner, Erving Goffman et al.). O segundo desenvolvimento começou com os esforços do filósofo britânico da linguagem John Langshaw Austin, que postulava que o discurso constitui uma prática ativa que pode afetar e transformar realidades (HENSEL, 2012 p. 123. Tradução Nossa⁸⁰).

Como resultado desses desenvolvimentos, Hensel destaca que a performance hoje é frequentemente referenciada como uma abordagem heurística para compreender o

⁷⁹ **Do original em Inglês:** "In *The Mangle*, I concluded that this is a bad way to come at the analysis of practice, and that we need to move towards ontology and what I called the performative idiom - a decentred perspective that is concerned with agency - doing things in the world - and with the emergent interplay of human and material agency. One can, of course, still be interested in epistemology and knowledge production, but my conclusion was that one should see scientific knowledge as constitutively bound up with the dance of human and nonhuman agency, as I romantically labelled it, rather than as a self-contained topic for enquiry in itself."

⁸⁰ **Do original em Inglês:** "This paradigm shift comprised two key developments. The first development had arisen from efforts that pursued the development of a specific take on a dramaturgical paradigm to be applied to culture at large, that opened the concept of performance to a significantly larger public arena and enable a dramaturgical paradigm in which all culture can be viewed as performance (see Kenneth Duva Burke, Victor Wittner, Erving Goffman et al.). The second development commenced with the efforts of the British philosopher of language John Langshaw Austin, who posited that speech constitutes an active practice that can affect and transform realities."

comportamento humano, e que baseia-se na hipótese de que todas as práticas humanas são “performadas”, como um ato público de auto atuação. (HENSEL 2012).

Entrando na questão específica da *performance* em processos projeto, de acordo com o pensamento cibernético,

a arquitetura deveria ser um catalizador para redefinir as relações e os padrões entre as pessoas e instituições, exaltando um desejo apaixonante de melhorar a condição humana. Deveria ter como uma de suas características principais a não permanência, sendo projetada para mudanças contínuas. Incerteza calculada, imprevisibilidade, recursividade⁸¹, obsolescência programada e vida útil, levando-se em consideração o fator tempo, deveriam ser consideradas em projetos que visassem o equilíbrio. (ALVES e PRATSCHKE 2010, p.54).

A partir de Gordon Pask, a aproximação da Cibernética com a Arquitetura na década de 1960 efetivou colaborações realizadas em muitos centros de pesquisa, podendo-se destacar a Architectural Association, a Bartlett School of Architecture, UCL, ambas em Londres e o Massachusetts Institute of Technology - MIT (que viria formar posteriormente o Media Lab⁸²). É possível argumentar que essas colaborações estavam muito à frente de seu tempo e não foram totalmente aproveitadas pela comunidade arquitetônica nem pela sociedade, especialmente ligada a estas escolas, mas elas ajudaram a definir as bases para ambientes dinâmicos, ágeis e autenticamente interativos. (HAQUE, 2007).

Citamos *Archigram*, como um importante grupo de projetos e de pesquisas que buscava incessantemente a não conformidade com o que estava estabelecido como estaque e permanente. O grupo estava atento ao crescente desenvolvimento tecnológico e propôs arquiteturas que se fundamentavam em ideias e princípios relacionados às transformações da época provocadas pelos novos sistemas de transporte, pelos novos sistemas de comunicação e de informação e pelas novas tecnologias eletrônicas dos anos 1960. Suas propostas inovadoras buscavam privilegiar a autonomia e também a *performance*.

⁸¹ A **recursão** é o processo no qual há um procedimento quando um dos passos do procedimento em questão envolve a repetição completa deste mesmo procedimento. Um procedimento é um conjunto de passos que devem ser tomados baseados em um conjunto de regras. A execução de um procedimento envolve seguir de fato as regras e executar os passos. Um procedimento é dito recursivo quando um de seus passos consiste na chamada de uma nova execução do procedimento.

⁸² <http://www.media.mit.edu/>

FIGURA 17: MOVING CITIES – ARCHIGRAM
 FONTE: <http://www.archigram.net/>

A figura acima representa o projeto *Cities: Moving*, que apesar de utópico, especialmente para a época, contém importantes significados relacionados à intencionalidade de uma busca pela *performance* e a partir do qual as cidades poderiam ter uma característica nômade, se movimentando de um lugar para outro.

Uma geração específica de arquitetos da era pós-máquina tratou de buscar algumas destas possibilidades por meio de abordagens transdisciplinares. Outra figura importante para nosso estudo, o arquiteto inglês Cedric Price⁸³, defendia que a Arquitetura deveria ter como uma de suas características principais a não permanência. (ALVES e PRATSCHKE 2010).

O trabalho de Cedric Price merece destaque como um dos precursores das questões relativas ao desempenhar. Em seu projeto de um centro cultural, *Fun Palace* de 1964 (Figura 18), precursor do Centro Georges Pompidou, assim como no projeto para um programa inovador de universidade, *Potteries Thinkbelt* de 1967, Price abordava o que ele percebia serem as novas condições (e em rápida mutação) do conhecimento e da sociedade na Grã-Bretanha do pós-guerra. Estas não eram propostas para os edifícios em qualquer sentido convencional, mas ao contrário, eram sistemas impermanentes, de improvisação e sobretudo interativos, altamente adaptáveis às condições sociais e econômicas de seu tempo e lugar.

⁸³ **Cedric Price** (11 de setembro de 1934 - 10 de agosto de 2003) foi um arquiteto inglês, professor e influente escritor na arquitetura, considerado um dos arquitetos mais visionários do século 20. Sua abordagem na arquitetura com base na não-permanência das intervenções urbanas, garantiu que seu trabalho tivesse uma influência duradoura sobre arquitetos e artistas contemporâneos. Fonte: Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Cedric_Price. Acessado em 15/08/2013.

FIGURA 18: FUN PALACE - CEDRIC PRICE
FONTE: MATHEWS, S/D.

O trabalho de Price refletia, não só para os anos 1960 como atualmente, outra abordagem para a arquitetura enquanto um local de mudança programática e contextual, evidenciando a arquitetura como impermanente. Para ele, os espaços não deveriam ser especificados para determinadas funções e seu uso futuro não deveria (nem poderia) ser previsto, pois não caberia ao arquiteto (nem aos usuários) determinar as necessidades desse espaço no futuro.

Mais recentemente podemos citar o trabalho do arquiteto inglês Usman Haque, que se destaca também por propor a ampliação do conceito arquitetônico, contemplando as possibilidades tecnológicas e de mediação digital contemporâneas, o que ele chama de arquitetura expandida.

Sobre a questão específica da interatividade, Haque escreve:

A palavra "interativa" é encontrada em toda parte atualmente. Pode valer a pena considerar o que são meios "interativos" e se as coisas nos são apresentadas como "interativas" na verdade são assim, antes de passar a considerar por que poderiam nossos objetos e espaços serem projetados para ser "interativos". "Interativo" e "hi-tech" não são palavras intercambiáveis, sendo possível criar algo interativo ainda não hi-tech - também é possível criar algo hi-tech ainda não interativo. Os avanços tecnológicos podem, no entanto, fazer certos aspectos de interação mais fáceis de conseguir, em parte porque eles comprimem escalas temporais, espaciais e interpessoais. Ao invés de fornecer de início, uma definição precisa de "interação", eu gostaria de discuti-la de alguns ângulos diferentes, na esperança de que o traçado em limites nos permite convergir para uma concepção particularmente útil do mundo. (HAQUE 2008, p. 99-100).

No seu fundamento, operações de interação concernem informações entre os dois sistemas (por exemplo, entre duas pessoas, entre duas máquinas, ou entre uma pessoa e uma máquina). A chave, porém, é que estas operações devem ser circulares, em certo sentido, caso contrário, elas são apenas "reação". (HAQUE 2008, p. 99-100).

Exemplificamos o trabalho de Haque com a instalação temporária Marling de 2012, situada em uma praça pública em Eindhoven na Holanda. Como um espetáculo urbano interativo cuja

participação dos habitantes e visitantes foi grande, proporcionada pelo festival *Glow*, foi colocada em funcionamento a partir do uso das vozes do público, criando uma apropriação interativa e lúdica do espaço. As vozes dos cidadãos ativam projeções que criam espacialidades ao seu redor e deste modo, as pessoas se tornam atores na cena urbana, produzindo conjuntamente o espaço através de suas ações e sons, possibilitando, segundo o autor, a construção de uma memória pública compartilhada de colaboração (Figura 19):

FIGURA 19: MARLING, USMAN HAQUE 2012.
FONTE: <http://www.haque.co.uk/marling.php>

Intervenções como esta tratam de prover e agenciar condições entre todos os envolvidos no sistema para que o projeto possa emergir de modo colaborativo. O caráter de responsividade é um parâmetro que poderia ser configurado e implementado tanto no processo de projeto como no objeto arquitetônico em si. Os arquitetos poderiam, então, proporcionar este caráter antecipatório a seus projetos, permitindo às pessoas a possibilidade de moldarem seus próprios espaços, e torná-los adaptativos em relação a um processo de aprendizagem contínuo.

Michael Hensel sugere no capítulo nove de seu livro *Design Innovation for the Built Environment: Research by Design and the Renovation of Practice* (Inovação em *Design* para ambientes construídos: Pesquisa por meio do Design e Renovação da Prática⁸⁴) que projetos orientados à performance poderiam renovar a prática arquitetônica e inovar a pesquisa por meio do *design* (HENSEL 2012, p. 121)

Desenvolvimentos como este parecem apontar mudanças fundamentais nos processos de projeto relacionados à percepção (o observar), à intencionalidade significativa (o representar), e à organização e controle de desempenho, possíveis de serem estudados e mimetizados a

⁸⁴ Tradução Nossa.

partir, por exemplo, dos sistemas biológicos e do comportamento das máquinas (o desempenhar).

1.5. Estado da Arte: experimentações com pavilhões

Apresentaremos a seguir, alguns estudos de caso relacionados a experimentações com pavilhões. Em princípio, alguém poderia se perguntar sobre o porquê de grande parte das experimentações relacionadas a processos de projeto digitais se restringirem a pavilhões.

Vamos argumentar que as razões principais devem-se a dois fatores:

1. O primeiro, de ordem funcional, em função das características de liberdade criativa, mobilidade e flexibilidade, permite que as explorações se dediquem à aspectos mais relacionados à forma, à topologia, e à performance, especialmente estrutural e de conforto.
2. O segundo, de ordem econômica. Em função da escala de produção possibilitada pela tecnologia disponível em equipamentos de fabricação digital e também em relação ao custo dos materiais, uma vez que por sua característica experimental, muitos destes experimentos são financiados por órgãos de pesquisa ligado à instituições de ensino ou grupos de pesquisadores.

De qualquer modo, estas experiências com pavilhões não são novidades na história da Arquitetura. Pelo contrário, desde longa data esta possibilidade arquitetônica acompanha a humanidade, a exemplo da arquitetura nômade primitiva, conforme atesta Bahamon⁸⁵:

As tendas, associadas à construção arquitetônica mais primitiva e natural, acompanharam a história da evolução do ser humano e continuam a ter um papel significativo hoje em dia. As suas origens remontam aos primeiros tempos do homem, tendo ficado patentes graças aos vestígios encontrados há 40.000 anos naquilo que hoje se conhece como Ucrânia, numa época em que os homens utilizaram ossos de mamute e peles de animais, que elaboravam de forma rudimentar para se protegerem do clima e das agressões externas, transformando o tecido no primeiro recurso para obter abrigo fabricado pelo homem. A construção rápida das tendas, que tradicionalmente se realizava com elementos naturais, assim como sua rápida desmontagem ou transporte, relacionaram este tipo de arquitetura com as culturas nômades. (BAHAMON 2004, p.07)

⁸⁵ **Alejandro Bahamon**, arquiteto, fotógrafo e editor de livros de arquitetura, é o autor de numerosas publicações sobre arquitetura contemporânea, incluindo *Sketch Plan Build*, *The Magic of Tents*, *Treehouses*, *Glass Houses*, *Houses on the Edge*, e (com Ana María Álvarez), *Light Color Sound*. Ele vive em Barcelona. **Do original em Inglês:** “Alejandro Bahamón, an architect, photographer, and editor of architecture books, is the author of numerous publications on contemporary architecture, including *Sketch Plan Build*, *The Magic of Tents*, *Treehouses*, *Glass Houses*, *Houses on the Edge*, and (with Ana María Álvarez), *Light Color Sound*. He lives in Barcelona.” Fonte: http://www.goodreads.com/author/show/2958150.Alejandro_Baham_n. Acesso em 16/08/2014.

As Grandes Exposições Universais dos séculos XIX e XX já apresentavam aspectos importantes para a compreensão das espacialidades que evoluíram das primeiras tendas e que posteriormente seriam denominadas de pavilhões.

Segundo Giedion⁸⁶ (2004), as Exposições Universais proporcionavam à arquitetura um campo criativo e a possibilidade de explorar tecnologias e expressividades culturais:

As exposições nasceram quase simultaneamente à indústria moderna, no momento em que a passagem do trabalho artesanal para a produção mecânica se fez evidente. Por todo aquele período, em muitos países trabalhava-se freneticamente para inventar novas máquinas e novos processos. O objetivo principal das primeiras exposições era reunir os resultados deste trabalho, exibir as novas descobertas lado a lado, e assim facilitar sua comparação e adoção. O desenvolvimento da indústria, em todos os seus ramos, foi acelerado por essas exposições, em que cada esfera de atividade humana se via representada: equipamentos, métodos e produtos derivados de minas, fábricas, oficinas e fazendas eram exibidos junto a obras das artes puras e aplicadas. (GIEDION 2004, P. 268)

Ainda de acordo com o autor, as exposições representavam uma espécie de prognóstico das transformações que ocorreriam no século XX, tanto no homem como no ambiente. Nos interessa destacar as características de inovação tecnológica apresentadas nas Exposições Universais. Esse aspecto se fazia presente em todos os produtos apresentados pelos diversos países e que sobretudo conferiam aos seus respectivos pavilhões significados importantes relacionados à liderança e à posição de destaque que cada país ocuparia no cenário de desenvolvimento mundial.

O aspecto temporário dos pavilhões permite explorações em relação à utilização de novas tecnologias, assim como a busca por uma expressão formal que possa traduzir em significados, aquele país ou entidade a quem representa. Podemos citar como exemplos o Pavilhão da Alemanha de Mies Van der Rohe para a Exposição de Barcelona em 1929 (Figura 23), o pavilhão do Japão de Tadao Ando na Expo 1992 em Sevilha (Figura 24), o pavilhão de Portugal de Álvaro Siza na Expo 1998 (Figura 25), e o Pavilhão da Holanda do MVRDV na Expo 2000 em Hanover (Figura 26), dentre outros.

⁸⁶ **Sigfried Giedion** (Praga, 14 de abril de 1888 - 10 de abril de 1968, em Zurique) foi um historiador suíço Bohemian-nascido e crítico de arquitetura. Suas idéias e livros, *Space, Time and Architecture* e *Mecanização Assume o Comando*, teve uma influência conceitual importante sobre os membros do Grupo Independente do Instituto de Arte Contemporânea na era 1950. Ele foi o primeiro secretário-geral do Congrès International d'Architecture Moderne. Ele também lecionou no Instituto de Tecnologia de Massachusetts e da Universidade de Harvard. **Do original em Inglês:** "Sigfried Giedion (Prague, 14 April 1888 – 10 April 1968 in Zürich) was a Bohemian-born Swiss historian and critic of architecture. His ideas and books, *Space, Time and Architecture*, and *Mechanization Takes Command*, had an important conceptual influence on the members of the Independent Group at the Institute of Contemporary Arts in the 1950s era. He was the first secretary-general of the Congrès International d'Architecture Moderne. He has also taught at the Massachusetts Institute of Technology and Harvard University." Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Sigfried_Giedion. Acesso em 16/08/2014.

Figura 20: Pavilhão da Alemanha de Mies Van der Rohe para a Exposição de Barcelona em 1929

Fonte: Autor, 2012.

Figura 21: Pavilhão do Japão de Tadao Ando na Expo 1992 em Sevilha

Fonte:

http://pt.wikiarquitectura.com/index.php/Pavilh%C3%A3o_do_Jap%C3%A3o_para_a_Expo'92

Figura 22: Pavilhão de Portugal de Álvaro Siza na Expo 1998.

Fonte: <http://alvarosizavieira.com/siza-gallery/1998-portugal-pavilion>

Figura 23: Pavilhão da Holanda do MVRDV na Expo 2000 em Hanover.

Fonte: <http://www.mvrdv.nl/projects/EXPO/gallery.html>

Portanto em função da característica de estarem geralmente explorando o que de mais atual se produz em termos de *design* e tecnologia nos laboratórios, grupos de pesquisas, escritórios e universidades, priorizamos fazer um recorte em relação ao estudo de pavilhões contemporâneos, especialmente àqueles que também se encaixam aos temas relacionados à pesquisa, de acordo com os critérios que serão apresentados a seguir. Além disso, serão apresentadas experimentações próprias tanto em nível de projeto como na construção de pavilhões com características que envolvem processos digitais de projeto e fabricação digital e deverão auxiliar no estabelecimento uma estrutura cibersemiótica de análise, ao final do capítulo 3.

1.6. Análise de projetos: base metodológica e critérios

Em princípio, será feita uma descrição das obras selecionadas e de suas características relevantes, de modo a contextualizar o projeto e sua relevância dentro da história da arquitetura, especialmente no recorte proposto, que é o universo das experimentações com pavilhões. Alguns pavilhões exemplificam propostas apresentadas em exposições universais, mas este não foi um requisito obrigatório. As escolhas foram feitas, em princípio, levando-se em consideração certas semelhanças entre as experimentações realizadas pelo autor e pavilhões de notória importância por suas características inovadoras para o período e nas circunstâncias em que foram propostas, assim como, pelas possíveis aproximações com o pensamento paramétrico.

Utilizaremos como base metodológica a definição apresentada anteriormente, e definida por Kotnik (2010), que classifica os modelos computacionais utilizados nos processos digitais de projeto em três grupos, representacionais, paramétricos e algorítmicos.

Também será analisado o tipo de fluxo de informação ocorrido no processo de projeto, de acordo com o conceito, também apresentado, a partir de Oxman (2006).

Por fim, será feita uma análise em relação à *performance*, em função das discussões e exemplos anteriormente apresentados, no sentido de se verificar em que medida houve intencionalidade de proposição desta característica, tanto no processo de projeto como na própria obra, ou seja, se ela foi um parâmetro de projeto e em que momento isto pode ter ocorrido no *design* do processo.

1.7. Projetos selecionados para análise

1.7.1. Phillips Pavilion Expo Bruxelas

Localização: Bruxelas, Bélgica.

Ano: 1958

Status: Projeto e obra executada

Autores: Iannis Xenakis e Le Corbusier

Segundo Lopez (2011), a Feira Mundial de 1958, em Bruxelas, tornou-se conhecida historicamente pelos avanços musicais propostos para serem combinados com a arquitetura, através de encontros vivenciais, onde o corpo poderia se encontrar com o som e com o espaço. O conceito por trás da Expo foi celebrar o rejuvenescimento da civilização por meio do uso da tecnologia, superando assim os traumas da destruição da guerra. De acordo com o autor, após o convite da *Phillips*, Le Corbusier respondeu dizendo: "Eu não farei um pavilhão para vocês, mas sim um poema eletrônico e um recipiente contendo o poema; luz, imagens coloridas, ritmo e som unidos em uma síntese orgânica" (Corbusier apud LOPEZ 2011). Le Corbusier assumiria a única tarefa de desenvolver o interior do pavilhão, delegando a forma para a responsabilidade de seu projetista Iannis Xenakis. Para ser o compositor do *Poema Electronique*, Le Corbusier contratou o compositor Edgard Varese, que definiu também a engenharia de áudio (Figura 25).

FIGURA 25: ESQUEMA DA ENGENHARIA DE AUDIO - SISTEMA DE VARESE
FONTE: ZOUHAR, (2005).

A premissa básica do projeto passado a ambos, Xenakis e Varese, foi de que o interior deveria ser moldado de modo semelhante ao estômago de uma vaca, com uma forma originada por um algoritmo matemático básico. O público iria entrar em grupos de até quinhentas pessoas, em intervalos de dez minutos, e ouviriam uma peça de transição de Xenakis antes de entrar em uma sala escura, a qual envolvia o público em um espaço de luz e som, durante oito minutos, enquanto imagens de vídeo eram exibidas ao longo das paredes do pavilhão. No final do trecho de oito minutos, os espectadores saíam, digeridos, por meio de uma outra saída, enquanto o grupo seguinte adentrava o recinto. (LOPEZ, 2011).

Para o projeto final do Pavilhão, Xenakis, com uma equipe de engenheiros e artistas, desenvolveu uma tenda de três pinos, construído com concreto de casca fina moldado por painéis de formas paraboloides hiperbólicas. A execução do projeto envolveu uma estrutura elástica de cabos e postes de aço enfiadas na extremidade da tenda para formar as paraboloides hiperbólicas. As formas complexas do pavilhão (Figura 26) tornaram impossível a construção de uma estrutura de concreto convencional, assim a solução alcançada por Xenakis e seu engenheiro Hoyte Duyster, foi a criação de um sistema de painéis de concreto pré-moldado atirantados por cabos.

FIGURA 26: PAVILHÃO PHILLIPS - PARABOLÓIDE HIPERBÓLICA
FONTE: LOPEZ, (2011)

O pavilhão, juntamente com o a instalação do *Poema Electronique*, tornou-se um dos primeiros ambientes eletrônico-espaciais a combinar arquitetura, cinema, luz e música em uma experiência total produzida para percepção no tempo e no espaço.

1.7.2. Pavilhão Alemão Expo Montreal

Localização: Montreal, Canadá.

Ano: 1967

Status: Projeto e obra executada

Autor: Frei Otto

De acordo com Cruz (2011), Frei Otto foi o primeiro Arquiteto a mencionar o conceito de Bioarquitetura, descrevendo-a como a “[...] aplicação de analogias provenientes da Natureza para o desenvolvimento de sistemas construtivos e estruturas arquitetônicas”. Em 1965, Frei Otto e Rolf Gutbrod vencem o concurso para a construção do Pavilhão Alemão na Exposição Mundial de Montreal (Figura 28). A Estrutura do projeto consistia em um conjunto de malhas de 15m de largura, formadas por cabos de aço atirantados a 12 pontos de apoio. A cobertura foi feita em membrana de poliéster revestida de PVC e protegia uma área de 460m². (CRUZ, 2011).

FIGURA 28: PAVILHÃO ALEMÃO NA EXPOSIÇÃO MUNDIAL DE MONTREAL

FONTE: <http://sedigest.in/review/frei-otto-pioneer-light-weight-tensile-and-membrane-structures>

O aspecto volumétrico do pavilhão faz referência à uma tenda. Segundo Frei Otto, uma tenda consiste na construção de um plano de carga esticado em material feito em material laminado, tecidos ou redes. A estrutura é constituída por um ou mais suportes de compressão e membranas tensionadas. Uma das qualidades destas construções reside na liberdade inesgotável no que diz respeito à forma.

Os meios digitais foram introduzidos no projeto do Pavilhão Alemão na Expo Montreal, a partir do uso do estereoscópio, instrumento utilizado para fazer as medições dos modelos e também pela utilização de um computador ligado a uma *plotadora* que imprimia seções do pavilhão, durante a exposição (Figura 29).

FIGURA 29: PRANCHA DE PROJETO
FONTE: <http://sedigest.in/review/frei-otto-pioneer-light-weight-tensile-and-membrane-structures>

FIGURA 30: MAQUETE
FONTE: <http://sedigest.in/review/frei-otto-pioneer-light-weight-tensile-and-membrane-structures>

Frei Otto se utilizava do computador e do potencial dos meios digitais, tornando-se deste modo, um dos pioneiros na utilização de processos digitais, porém ao mesmo tempo, mantém uma postura empírica, na medida em que era guiado pelos modelos físicos (Figura 30), os quais provavelmente visavam a manutenção de suas garantias e seguranças baseadas nas experiências com protótipos analógicos.

1.7.3. Muscle Body

Localização: Delft, Holanda.

Ano: 2005

Status: projeto e obra executada

Autor: Hyperbody - ONL

Em abril de 2005 o grupo de pesquisa holandês Hyperbody da TU Delft, coordenado pelo arquiteto Kas Oosterhuis e juntamente com seu escritório de projetos ONL, apresentou o projeto *MuscleBody*. Segundo Lara e Hubers (2009) o MuscleBody caracteriza-se por ser uma arquitetura totalmente interativa e cinética, um protótipo em escala real de um espaço interior.

Trata-se de um protótipo de uma investigação sobre arquitetura programável, cuja primeira versão (anterior ao protótipo analisado) foi exposta no Centro Pompidou em Paris, na exposição *Non-Standard Architecture* (Arquitetura Não-Padrão), de dezembro de 2003 até março de 2004 (Figura 32).

FIGURA 32: MUSCLE: PRIMEIRO PROTÓTIPO - EXPOSIÇÃO NO CENTRO POMPIDOU
 FONTE: BURRY E BURRY, 2012.

Para o primeiro protótipo em escala 1:1, foram usados músculos industriais da marca *Festo* que poderiam contrair e relaxar, o que permitia à instalação alterar sua forma. Os movimentos controlados dos músculos individuais alteravam o comprimento, a altura, a largura e também a forma geral do protótipo, variando a pressão bombeada para os noventa e quatro músculos do pavilhão. Os músculos foram programados usando o princípio de Comportamento de Enxame (*Swarm Behaviour*), o qual será detalhado posteriormente, permitindo que se dobrassem em todas as direções.

Sensores embutidos na membrana permitiram que a informação fosse subtraída do ambiente. O comportamento das pessoas que se moviam ao redor da instalação e experimentavam com suas mãos, serviu de *input* para controlar a reação, contraindo e relaxando diferentes grupos de músculos, portanto alterando sua forma. As informações recebidas pelos sensores eram transferidas para o computador do *MuscleBody* em tempo real, ou seja, o *input* numérico era atualizado assim que os movimentos dos jogadores mudavam (Figura 33). O *software-game Virtools* foi usado para organizar as relações dinâmicas entre as contribuições recebidas pelos sensores, e a saída consistia do comportamento dos músculos e o som gerado. O uso de *software* para jogos parece ser especialmente adequado para o desenvolvimento de uma arquitetura interativa, principalmente porque um jogo é baseado na interação, conforme verificaremos no capítulo 4.

FIGURA 33: MUSCLE: SENSORES E ATIVADORES
FONTE: OOSTERHUIS E BILORIA, 2007.

FIGURA 34: MUSCLE RECONFIGURED
FONTE: BURRY E BURRY, 2012.

Posteriormente, o protótipo *Muscle Reconfigured* desenvolveu-se como uma versão evoluída e reconfigurada do projeto *Muscle* (Figura 34). O núcleo do projeto foi utilizar atuações pneumáticas como um meio de produzir variações táteis. O protótipo reconfigurado usa o mesmo conjunto de componentes de acionamento, que são músculos fluídicos pneumáticos. Este novo protótipo focou em uma abordagem enfatizando a resposta espacial interna. A pele macia inflável do primeiro protótipo *Muscle* foi trocada por uma nova estética com a inovação de painéis *Hylite*, que são constituídos por um sanduíche de duas camadas de folhas de alumínio delgadas, com um núcleo de plástico no meio.

1.7.4. [c] space pavilion

Localização: Londres, Inglaterra.

Ano: 2008

Status: projeto e obra executada

Autor: AA DRL

Projetado por Alan Dempsey e Alvin Huang, e produzido juntamente com os alunos como parte das comemorações do décimo aniversário do *Design Research Laboratory* – DRL, da Architectural Association, o Pavilhão *[C]space* (Figura 36), segundo seus autores, busca a quebra de paradigmas em Arquitetura, Engenharia Estrutural e Indústria de Construção de Materiais. Trata-se de um pavilhão escala 1:1 que representa a incomum (ou menos comum do que se

desejaria) colaboração entre a academia e a indústria, reunindo explorações digitais no projeto arquitetônico com cálculos estruturais avançados baseados na análise não-linear, além de utilizar-se de processos de fabricação digital.

FIGURA 36: MODELO DIGITAL

FONTE: <http://www.dezeen.com/2007/11/04/cspace-pavilion-by-alan-dempsey-and-alvin-huang/>

O pavilhão é formado por uma estrutura de concha descontínua ao longo de mais de 10m, feita de concreto reforçado com fibra de elementos que se constituem como estrutura e pele, paredes pisos e móveis. O concreto utilizado no pavilhão visa expandir os limites técnicos do material, o que exigiu extensa prototipagem e vários testes de materiais durante o processo de desenvolvimento do projeto.

Todo o processo de projeto foi realizado utilizando modelagem digital e física 3D (Figura 37): , e o desenvolvimento do projeto foi completado com rigorosa modelagem de controle e *scripts* para controlar mais de 850 perfis individualmente diferentes e 2.000 articulações.

FIGURA 37: C-SPACE – MAQUETE

FONTE: <http://www.dezeen.com/2008/04/09/cspace-pavilion-by-alan-dempsey-and-alvin-huang-2/>

Os elementos foram produzidos diretamente a partir de modelos digitais em equipamento de corte CNC usando folhas planas de espessura 13 milímetros.

1.7.5. Endesa pavilion

Localização: Barcelona, Espanha

Ano: 2011

Status: Projeto e obra executada.

Autor: laaC

O Pavilhão ENDESA é um protótipo solar autossuficiente instalado na *Marina Dock*, na praia de Barcelona, Espanha. O pavilhão é, na verdade, o protótipo de um sistema de construção multi-escala que pode ser implementado em diferentes configurações. A fachada é composta por componentes modulares, como se fossem tijolos solares, e que respondem a ganhos fotovoltaicos, proteção solar, isolamento, ventilação e iluminação (Figura 39). A lógica paramétrica adapta as geometrias de fachadas à requisitos ambientais específicos para cada item do pavilhão.

FIGURA 39: PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

FONTE: <http://www.archdaily.com/274900/endesa-pavilion-iaac/>

Segundo os autores do projeto, a estratégia é atualizar o paradigma modernista "a forma segue a função" para "a forma segue a energia." A fachada abre ou fecha em resposta ao trajeto da energia solar, reagindo ativamente e tornando-se mais permeável, por exemplo na direção sul, e mais fechada e protetora ao norte (Figura 40). O comportamento desta pele torna visível a preocupação ambiental e processos climáticos que envolve a ideia do pavilhão ENDESA.

FIGURA 40: FACHADA INTERATIVA

FONTE: <http://www.archdaily.com/274900/endesa-pavilion-iaac/>

Foi utilizado no processo de projeto um *software* de cálculo de energia solar, ligado à lógica do desenho paramétrico, que permitiu aos projetistas chegarem a uma solução otimizada no protótipo. Cada módulo, em cada ponto, responde com precisão matemática aos diferentes *inputs* ligados às diferentes posições de orientação solar.

1.7.6. Strings Pavilion⁸⁷

Localização: FIESP, Avenida Paulista, São Paulo/SP.

Ano: 2011

Status: projeto + protótipo escala 1:20

Autores: Cynthia Nojimoto, Flávia Santos, Gilfranco Alves, Humberto da Mata e Rafael Ardjomand.

Workshop AA: Franklin Lee, Anne Save de Beaurecueil, Rob Stuart-Smith, Affonso Orciuoli, Thiago Mundim, Ernesto Bueno, Arthur Mamou-Mani, Sandro Tubertini, Yoo Jin, Victor Sanderberg, Lucas de Sordi.

Para o desafio projetual proposto neste *workshop* da AA *Visiting School* em São Paulo, e que envolvia o local de implantação do pavilhão, a Avenida Paulista, foi proposta pelo Arquiteto Rob Stuart-Smith uma metodologia que visava à investigação sobre diferentes materiais,

⁸⁷ Site oficial do evento: http://saopaulo.aaschool.ac.uk/?page_id=894. Site com imagens do workshop: http://saopaulo.aaschool.ac.uk/?page_id=1194

considerando suas características físicas, como resistência, comportamento, deformação, distorção. Também foram priorizados aspectos que diziam respeito à como eles se comportariam em situações de imprevisibilidade controlada, favorecendo a emergência baseada em leis não determinísticas.

A partir da definição dos materiais, da identificação de seu comportamento e de várias maquetes físicas de estudo, chegou-se a determinação de um conceito básico para o pavilhão, que deveria trabalhar com as possibilidades de movimentação e ajuste à novas formas e usos, em função de parâmetros específicos, como por exemplo, o terreno ou a iluminação natural, e também com a interação com os usuários e o movimento característico da Avenida Paulista. A interatividade era um atributo desejado no projeto e os materiais escolhidos foram tecidos e cabos.

Para que o processo tivesse continuidade, foi então necessário produzir um modelo matemático para dar conta da geometria idealizada para o pavilhão, além das características conceituais acima descritas. Partiu-se então para a parametrização e a modelagem tridimensional do projeto utilizando-se os *software* Rhinoceros e o Grasshopper (Figura 42). Apesar da dificuldade de simulação do comportamento dos materiais no ambiente digital, chegou-se a alguns modelos satisfatórios que permitiram o controle sobre os parâmetros do projeto e possibilitaram a visualização da espacialidade conforme a movimentação da estrutura de cabos e do tecido.

FIGURA 42: SCRIPT E MODELAGEM: RHINO + GRASSHOPPER
FONTE: AUTOR, 2011.

Foi necessário o detalhamento das peças para a fabricação digital, como por exemplo, o *design* das roldanas que movimentariam os cabos, o suporte para fixação das roldanas e o encaixe dos servo-motores responsáveis pela movimentação. Para a produção das peças foi utilizada uma máquina de corte a laser e para a confeção da base com o *grid* de furos que permitia a simulação

de reposicionamento da estrutura, foi utilizada uma cortadora à fresa – CNC. Finalmente passou-se ao processo de montagem e de teste do protótipo, com a inclusão de um sensor de luz que enviaria *inputs* ao arduíno⁸⁸, em função dos níveis de luminosidade e de sombreamento no interior da espacialidade.

Toda a manipulação das tensões e da deformação das superfícies foi baseada em conceitos cibernéticos como *feedback loop* (que serão detalhados posteriormente) buscando uma forma de interação entre usuários e arquitetura. O sensor captava as variações de luminosidade e enviava os *inputs* ao arduíno, que controlava os servo-motores. A partir da movimentação dos cabos havia uma deformação do tecido que como consequência criava espacialidades emergentes e aleatórias, porém dentro dos parâmetros controlados pela programação. O movimento da superfície e da espacialidade como um todo, provocava uma alteração no padrão da luminosidade, assim como o movimento das pessoas ao redor (e futuramente no interior) do pavilhão. Essa alteração de padrão que retroalimentava o sistema gerou um processo cibernético (Figura 43).

FIGURA 43: LOOP CIBERNÉTICO
FONTE: AUTOR, 2011.

O protótipo do pavilhão (Figura 44) desenvolvido no workshop permitiu uma experimentação a partir da utilização da mediação digital que funcionou como catalisadora de um possível método de projeto, favorecendo a busca por estabelecer novos patamares de utilização de processos digitais de projeto e modos de interação entre os diferentes sistemas participantes do projeto.

⁸⁸ **Arduíno** é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, cuja função básica é controlar sistemas em meios físicos a partir de programações.

FIGURA 44: DESENVOLVIMENTO DO STRINGS PAVILION
FONTE: AUTOR, 2011

Além disso, esta iniciativa indicou possibilidades na busca de mais flexibilidade e interatividade, não só no próprio processo de projeto, que se utilizou de conceitos e técnicas de *design* paramérico, prototipagem e fabricação digital, mas também no produto final, que estabeleceu um loop cibernético com influências *autopoieticas* (na verdade ainda havia a dependência da energia elétrica para alimentar o sistema como um todo), na medida em que possibilitava a interação dos usuários e do meio-ambiente com a arquitetura proposta.

O projeto dessa forma foi concluído e apresentado ao final do *workshop*, e foi escolhido pela equipe de professores da AA para ser desenvolvido em outras duas oportunidades.

1.7.7. Supple Pavilion⁸⁹

Localização: OCA, São Paulo/SP, durante a Nona Bienal de Arquitetura de São Paulo

Ano: 2011

Status: projeto + protótipo interativo escala 1:20 + protótipo escala 1:1

Autores: Cynthia Nojimoto, Flávia Santos, Gilfranco Alves e toda a equipe de alunos inscritos no workshop.

Workshop AA: Franklin Lee, Anne Save De Beaurecueil, Lawrence Friesen, Thomas von Gutten, Helen Sakano, Victor Sanderberg, Julio Radesca.

Conforme estabelecido no *AA Visiting School SP 2011*, em novembro e dezembro de 2011, aconteceu o primeiro de dois *workshops* que dariam continuidade ao desenvolvimento do

⁸⁹ Site do workshop: http://saopaulo.aaschool.ac.uk/?page_id=1540

pavilhão *Strings*, rebatizado de *Supple Pavilion*. O evento aconteceu na OCA no Parque do Ibirapuera e fez parte da programação na Nona Bienal de Arquitetura de São Paulo⁹⁰. Neste *workshop* o método se deu a partir de duas linhas de pesquisa e ação, uma em relação ao conhecimento e aos estudos de comportamento dos materiais, agora em escala 1:1, e outra em relação à capacidade de responsividade do pavilhão, na escala de uma maquete reduzida, desenvolvendo mecanismos e testando sensores de presença controlados por arduino. O convidado para coordenar o *workshop* foi o Engenheiro Lawrence Friesen da AA, que trouxe sua contribuição ao desenvolvimento do pavilhão, especialmente no que diz respeito às questões estruturais. Os primeiros estudos ocorreram no sentido de se produzir modelos com poucos arcos, os quais representariam o modo de funcionamento de todo o pavilhão, ou seja, trabalhar com uma parte fracionada do projeto. Alguns modelos analógicos e digitais foram concebidos para a discussão da concepção estrutural dos modelos (Figuras 46 e 47):

FIGURA 46: MODELO FÍSICO
FONTE: AUTOR, 2011.

FIGURA 47: MODELO DIGITAL
FONTE: AUTOR, 2011.

A estrutura foi pensada então com diferentes tipos de arcos para que o pavilhão fosse construído em escala 1:1. A partir de um modelo confeccionado fisicamente (Figura 46), estabeleceu-se que, enquanto um primeiro tipo de arco atuaria na sustentação central do pavilhão (vermelhos), outro tipo de arco atuaria nas extremidades com três apoios, formando uma espécie de tripé (verdes). Outros dois tipos de arcos gerariam as ativações e consequentes movimentações, uma principal gerando as variações nas formas (azuis), e outra ainda, que seria responsável pelas movimentações pontuais e pela interatividade (brancos). Segundo Hensel et al. (2010), “têxteis podem ser manipulados de várias maneiras: através do recolhimento, despenteando, criando pregas, juntando seções, dobrando, etc.” (HENSEL, et al. 2010 p. 102-

⁹⁰ Site da Nona Bienal SP: http://etempo.com.br/nonabia/?page_id=9.

103)⁹¹. Vários modelos foram então produzidos para estudar o comportamento dos arcos e as possibilidades de configuração que poderiam emergir do próprio processo e também do comportamento dos diferentes materiais. Os arquivos foram preparados de modo a serem desenhados os moldes para recorte dos tecidos e posterior corte e costura dos mesmos em escala 1:1. A base para a estrutura foi marcada e fixada no chão, de modo a posicionar o pavilhão e estabelecer as bases para sua montagem.

Paralelamente, na escala 1:20, outro grupo desenvolvia mecanismos para produção e movimentação dos arcos (Figura 48). Os testes com o modelo interativo produziram resultados positivos e com o sensor de presença acionando a roldana, a movimentação dos cabos e dos tecidos alcançou seu objetivo, conforme pode ser observado no vídeo compartilhado abaixo⁹².

FIGURA 48: MODELO RESPONSIVO EM ESCALA 1:20
FONTE: AUTOR, 2011

Concluído o workshop, podemos constatar que alguns objetivos foram atingidos, outros não. Em relação à interatividade e à responsividade, o sistema estrutural composto por cabos e o tecido que configuraram o modelo em escala 1:20 formaram um sistema controlado parcialmente pelos sensores de presença, arduínos e servo-motores e que deram um bom resultado. O tempo de reação talvez precisasse ser melhor ajustado, mas a *performance* atingida também foi decorrente do material disponibilizado para o evento.

Já em relação ao pavilhão montado em escala 1:1 (Figura 46), o principal mérito foi tê-lo concebido estruturalmente de modo a se tornar portante independentemente dos mecanismos de movimentação. A movimentação foi parcial, e isso fez com que o projeto se distanciasse um pouco de sua concepção inicial, onde estrutura, tecido e mecanismos formavam um sistema

⁹¹**Do original em Inglês:** “[...] textiles can be manipulated in many ways: through gathering, ruffling, pleating, smocking, tucking, etc.”

⁹² **Video em:** <http://youtu.be/fnMySQzeWc>, acessado em 11/03/2014.

integrado que interagia com os usuários, e que em princípio poderia interagir também com o ambiente, de modo a completar o *loop cibernético* anteriormente mencionado.

FIGURA 49: MONTAGEM DO PAVILHÃO
FONTE: AUTOR, 2011.

De qualquer modo é importante destacar a capacidade de todo o grupo em projetar e montar duas experimentações com elevado grau de dificuldade em apenas quatro dias de *workshop*.

O vídeo (*lapse-time*) da montagem final do pavilhão pode ser visto no link abaixo⁹³.

1.7.8. Supple Pavilion Rio⁹⁴

Localização: Barracão da escola de samba Pimpolhos da Grande Rio, Rio de Janeiro/RJ.

Ano: 2012

Status: projeto + protótipos de estudo estrutural escala 1:20 + protótipo escala 1:1

Autores: Cynthia Nojimoto, Flávia Santos, Gilfranco Alves, Jessica Castelari, Daniele Pereira.

Workshop AA: Franklin Lee, Anne Save De Beaurecueil, Lawrence Friesen, Rob Stuart-Smith, Stella Dourtme, Toru Hasegawa, Lucas de Sordi.

O segundo workshop da série *Supple Pavilion* focou no desenvolvimento e fabricação em escala 1:1 de um pavilhão interativo e dispositivos relacionados a ele, assim como nas possibilidades estruturais em função dos materiais disponíveis. O objetivo principal foi devolver ao pavilhão uma de suas características essenciais presentes na sua concepção e que aplicavam um importante conceito presente da Teoria de Sistemas: “regras simples para gerar complexidade” (Figura 51).

⁹³ Vídeo: <http://youtu.be/6fCHsZUvNzl>.

⁹⁴ Site do workshop: <http://rio.aaschool.ac.uk/>

FIGURA 51: REGRAS SIMPLES PARA GERAR COMPLEXIDADE
FONTE: AUTOR, 2012.

Este fato reforçou a ideia de que não deveríamos mais trabalhar com um grande número de componentes, pois além de não facilitarem o processo de montagem e desmontagem, representavam o aumento do número de pontos frágeis no próprio processo. Desta vez teríamos dois professores coordenando o projeto, o Engenheiro Lawrence Friesen, que esteve conosco na montagem do pavilhão na OCA, e o professor Rob Stuart-Smith, que esteve conosco no início do processo na FIESP, e que resultou no projeto Strings. O grupo desenvolveu algumas ideias com a ajuda dos tutores e elas apontavam para uma volta às características que remontavam ao *Strings* e também aos princípios cibernéticos. A estrutura do *Supple* não estava trabalhando em conjunto com o tecido de modo a possibilitar a emergência das formas. Segundo Engel, esta situação estava em desacordo com os princípios estruturais desejáveis para uma estrutura de superfície ativa, conforme definida por ele:

Os sistemas estruturais de superfície ativa são, simultaneamente, o invólucro do espaço interno e a casca externa da construção, e, conseqüentemente, determinam a forma e o espaço desta. Assim, são parte essencial da construção e critérios de sua qualidade: são como uma máquina racional e eficiente ou como uma forma estética significativa. (ENGEL 2001, p. 212)

O objetivo era trabalhar com complexidade, e não com complicação. Pensava-se em um modo de encontrar um material que pudesse trabalhar as questões estruturais de modo análogo aos cabos e a partir de alguns testes, varetas de fibra de vidro surgiram como uma possibilidade. As varetas de fibra de vidro eram materiais resistentes, leves e flexíveis, possuíam 6m de comprimento (o que representava um teste em termos de vão a ser vencido razoável), e apresentavam a possibilidade de serem trabalhadas em conjunto formando feixes, agrupando mais ou menos varetas, de acordo com a resistência estrutural desejada. Com isso também evoluiu-se na compreensão estrutural em relação aos esforços que ocorriam em cada tipo de padrão que era proposto e foi produzido uma espécie de catálogo de comportamentos relacionando estrutura e tecido (Figuras 52 e 53).

FIGURA 52: ESTRUTURA X TECIDO
FONTE: AUTOR, 2012.

FIGURA 53: ESTRUTURA X TECIDO
FONTE: AUTOR, 2012.

Alguns modelos em escala 1:2 também foram testados e os resultados foram bastante animadores. A estrutura mostrou-se ao mesmo tempo flexível o bastante para a emergência das formas em função dos esforços solicitados, assim como resistente o suficiente para suportar tais esforços (Figura 54).

FIGURA 54: MONTAGEM DO PAVILHÃO
FONTE: AUTOR, 2012.

Foram utilizados sistemas estruturais de superfícies ativadas pelas hastes de fibra de vidro, cujos esforços criavam variações na interação dos dois sistemas, os tecidos e as próprias hastes. Engel define ainda, as vantagens deste tipo de sistema:

Sistemas estruturais de superfície ativa são sistemas de superfície flexíveis, mas resistentes à compressão, tensão e cisalhamento, nos quais a redistribuição de forças é efetuada pela resistência da superfície e uma forma de superfície especial (ENGEL 2001, p. 213)

Ainda de acordo com Engel (2001), por causa da inter-relação entre a estrutura e a materialidade da edificação, as estruturas de superfície ativa não permitem tolerância nem distinção entre estrutura e construção. Visto que a forma estrutural não deveria arbitrária, o espaço e a forma do pavilhão, deveriam estar interligados em uma só lógica de funcionamento: regras simples para gerar complexidade.

O resultado final deste pavilhão pode ser observado na figura abaixo:

FIGURA 55: VERSÃO FINALIZADA DO PAVILHÃO SUPPLE RIO
FONTE: AUTOR, 2012 – A PARTIR DA FOTO DE JÉSSICA CASTELARI.

Para finalizar, cabe acrescentar que as experimentações com os três pavilhões realizados pelo autor nos *workshops* da *AA Visiting School* foram de suma importância para retroalimentar a pesquisa teórica e aproximar o autor da compreensão de processos que envolvem a produção arquitetônica a partir de processos digitais de projeto, com utilização de prototipagem e fabricação digital, guardadas é claro, as reservas e limitações decorrentes das próprias possibilidades e recursos que normalmente estão disponíveis para empreendimentos e desafios como os que foram propostos nos *workshops*.

1.8. Análise comparativa entre os pavilhões analisados.

	Características do pavilhão	Representacional, Paramétrico ou Algorítmico?	Orientado à performance?
Phillips pavilion Expo Brussels 1958 Iannis Xenakis e Le Corbusier	Colaboração entre som e espaço/ relações matemáticas entre arquitetura e música / curvas de frequência / parabolóide hiperbólico	Representacional. Princípios matemáticos/ geometria descritiva/ esboços/ representação tradicional baseada no desenho feito à mão.	<i>Poem Electronique/</i> Design experience/ A orientação à <i>performance</i> ocorreu na obra, na medida em que o som era estrategicamente potencializado a partir das curvas projetadas para o edifício
German pavilion Expo Montreal 1967 Frei Otto	Sequencia imaginativa produzida na paisagem, mutuamente sobreposta e inter-relacionada; também em harmonia com o ambiente natural; cobertura da malha / aço / cabos tracionados/ pele translúcida.	Representacional Princípios matemáticos/ geometria descritiva/ esboços/ representação tradicional baseada no desenho feito à mão.	<i>Performance</i> estrutural a partir de sistemas de superfícies estruturais ativas.
Muscle Body 2005 Hyperbody	Bio-inspiração; Músculos que se contraem e relaxam/ volumes pneumáticos moldando a forma do pavilhão.	Paramétrico; Princípios de <i>swarm behavior/</i> sensores/ ativações/ protótipos envolvendo eletrônica e fabricação digital.	Estrutura kinética e interativa/ o som e o próprio volume do pavilhão respondem de acordo com o movimento dos usuários.
[c]space pavillion 2008 AA DRL Alan Dempsey and Alvin Huang	Ambiguidade através da fusão de curvas sinuosas/ desempenho estrutural e funções programáticas em uma única forma contínua.	Paramétrico; Design digital com cálculos estruturais avançadas com base em análise não-linear e fabricação de processos / protótipos.	<i>Performance</i> eminentemente estrutural
Endesa pavilion 2011 IaaC	Auto-suficiência energética/ captação de energia solar/ geometria adaptativa/ regras simples.	Paramétrico; Software de cálculo solar conectado à lógica do design paramétrico/ Prototipagem e fabricação digital.	Arquitetura responsiva; As formas do pavilhão são alteradas de acordo com a orientação solar e a energia captada; otimização.

Strings pavilion 2011 AA Visiting Scholl SP	Busca da forma; formação evolutiva/ complexidade/ regras simples/ design colaborativo.	Paramétrico; Modelos digitais e físicos/ sensores / ativações/ prototipagem e fabricação digital.	Loop cibernético/ interação/ <i>performance</i> estrutural e responsividade.
Supple pavilion 2011 AA Visiting Scholl SP	O pavilhão Strings evolui para o pavilhão Supple/ Surgem dois problemas a serem enfrentados: questões estruturais na escala 1:1 e questões de responsividade e interação na escala 1:20.	Paramétrico; Modelos digitais e físicos/ sensores / ativações/ prototipagem e fabricação digital.	Interação/ <i>performance</i> estrutural e responsividade.
Supple Rio 2012 AA Visiting Scholl RJ	Busca da forma; formação evolutiva/ complexidade/ regras simples/ design colaborativo.	Paramétrico; Modelos digitais e físicos/ sensores / ativações/ prototipagem e fabricação digital.	Interação/ <i>performance</i> estrutural e responsividade.

Apresentamos acima uma tabela onde os pavilhões foram classificados e analisados de acordo com três aspectos:

1. Uma descrição sucinta das características mais relevantes e significativas de cada um dos projetos, segundo nosso critério de observação pessoal, e a partir do material acessado.
2. A classificação de acordo com Kotnik (2010), definindo se cada pavilhão encaixa-se no modelo representacional, paramétrico ou algorítmico, com um breve resumo da tecnologia utilizada.
3. A indicação de se o pavilhão foi projetado com orientação à *performance*, conforme discutido em tópico anterior, e quais as características desejadas por esta orientação.

O objetivo desta classificação foi estabelecer alguns parâmetros que pudessem demonstrar de que modo os pavilhões escolhidos para análise possuem semelhanças e diferenças, de acordo com os critérios adotados a partir de Kotnik (2010), assim como balizar as experimentações realizadas pelo autor, no sentido de formalizar um contexto de validação destas experiências.

No que diz respeito especificamente às experimentações realizadas, acreditamos que de modo complementar ao desenvolvimento teórico, tais aplicações favoreceram o aprofundamento dos fenômenos recortados para investigação, uma vez que a pesquisa científica pode ser

potencializada pela espiral entre teoria e prática, na qual os conceitos e as técnicas aplicadas se alimentam um do outro.

Considerações sobre o Capítulo 1

Como ponto de partida, procuramos definir inicialmente critérios para abordarmos o objeto de estudo, processos digitais de projeto, e utilizamos para tal, base teórica a partir de Oxman (2006) e Kotnik (2010), que apresentam modelos de classificação.

Propusemos na sequência, no capítulo 1, uma contextualização sobre como a mediação digital vem influenciando cada vez mais os processos de projeto em Arquitetura a partir do uso do computador e de *software* com programações cada vez mais inteligentes, permitindo cada vez mais interações entre os diferentes sistemas envolvidos no projeto arquitetônico.

Apresentamos os conceitos relacionados ao *design* paramétrico e à fabricação digital e procuramos estabelecer definições, além de exemplificarmos com alguns projetos, para que posteriormente o conceito de *performance* fosse explorado e as relações possíveis fossem estabelecidas. Estas relações são muito valiosas e farão parte das propostas e estratégias que serão apresentadas posteriormente no capítulo 5, que tratará da abordagem cibersemiótica aplicada à processos digitais de projeto. Discutimos também as aproximações possíveis entre os processos digitais de projeto, a matemática, e a geometria, a partir da qual a lógica de programação e comunicação entre homens e máquinas, se torna mais eficiente por meio dos *software* disponíveis.

Também escolhemos apresentar alguns pavilhões para análise, ressaltando sua importância para a compreensão do recorte proposto e apresentamos as experimentações do autor realizadas durante seu processo de doutoramento. Estas experiências e suas análises foram muito importantes para a validação de alguns conceitos estudados no sentido de proporcionar vários níveis de retroalimentação para a pesquisa teórica.

Por fim cabe destacar que este capítulo procurou abordar alguns aspectos importantes para a pesquisa como um todo. No próximo capítulo, trataremos do pensamento algorítmico e suas relações com a natureza, a biologia e a genética.

CAPÍTULO 2 [O ALGORÍTMICO]

Introdução

Conforme discutido no capítulo anterior, o pensamento algorítmico e sua aplicação está fortemente ligado à matemática e a geometria enquanto linguagem de programação (analógica ou digital), e como instrumento de comunicação entre seres humanos e máquinas. Neste capítulo iremos discutir suas possíveis relações com os processos evolutivos da natureza, mais especificamente com a biologia e com a genética. Buscaremos contextualizar sistemas de produção da arquitetura dentro de um contexto também sistêmico, dinâmico e com características que privilegiem a bio-inspiração e a sustentabilidade ecológica.

Percebe-se que a Biologia, assim como outros campos do conhecimento, desenvolveu-se muito ao longo do século XX, e continua a se destacar no começo do século XXI. Assim, como se poderia supor, muitas aproximações transdisciplinares têm incluído a Biologia nos mais variados desenvolvimentos colaborativos, e sobretudo, complexos⁹⁵, no sentido do pensamento de Edgar Morin⁹⁶.

De acordo com Hensel et al. (2010), os sistemas vivos, suas relações com o meio-ambiente e o modo como coexistem, são complexos.

O estudo dos sistemas ecológicos fornece conceitos e modelos para as relações envolvendo energia complexa entre organismos e seu meio ambiente, o qual se estende desde análises do comportamento metabólico de uma única planta ou animal, até a dinâmica dos padrões de espécies dentro de um sistema ecológico, e o fluxo de energia e materiais entre eles, regulando o seu comportamento ao longo das gerações. (HENSEL et al., 2010 p. 12. Tradução nossa.⁹⁷)

Para o autor, organismos vivos podem ser definidos como sistemas que adquirem a sua forma e padrões de comportamento complexos através de interações entre seus componentes, no espaço e no tempo. Obviamente, o entendimento dos sistemas naturais como sistemas complexos exige uma observação destes sistemas para além das questões formais, de aparência e de configuração espacial, e passa a se concentrar cada vez mais no funcionamento e no

⁹⁵ Sobre o pensamento **complexo**, para Edgar Morin, “O todo organizado é alguma coisa a mais do que a soma das partes, porque faz surgir qualidades que não existiriam nessa organização [...] Assim podemos ver bem como a existência de uma cultura, de uma linguagem, de uma educação, propriedades que só podem existir no nível do todo social, recaem sobre as partes para permitir o desenvolvimento da mente e da inteligência dos indivíduos.” Morin, 2005 p. 180.

⁹⁶ **Edgar Morin** (Paris, 8 de Julho 1921), é um antropólogo, sociólogo e filósofo francês. Pesquisador emérito do CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) é formado em Direito, História e Geografia, realizando estudos em Filosofia, Sociologia e Epistemologia. É considerado um dos principais pensadores contemporâneos e um dos principais teóricos da complexidade. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Edgar_Morin. Acesso em 16/08/2014.

⁹⁷ **Do original em Inglês:** “The study of ecological systems provides concepts and models for the complex energy relations of organisms to their environment, that extends from the analysis of the metabolic behaviour of a single plant or animal to the dynamics of the patterns of species within an ecological system, and the flow of energy and material between them that regulates their behaviour down through the generations.”

comportamento que advém desta complexidade. Hensel et al. (2010) afirmam que a dinâmica do desenvolvimento de formas biológicas, como por exemplo, o crescimento do indivíduo a partir de uma única célula adulta totalmente desenvolvida, assim como o desenvolvimento de novas espécies em evolução ao longo do tempo, se utiliza de modo funcional das trocas e interpenetrações entre os sistemas.

Assim, forma e comportamento estão diretamente relacionados, em função de que um organismo somente pode manter suas questões de permanência e continuidade enquanto espécie, se as trocas com o ambiente proporcionarem esta possibilidade. Estes conceitos estão totalmente conectados ao conceito de *Umwelt*, proposto por Jakob van Uexküll, assim como com o conceito de *Autopoiesis*, proposto por Maturana e Varela - ambos biólogos - e que estudaremos posteriormente, ainda neste capítulo.

A forma de um organismo afeta o seu comportamento em um determinado ambiente, e um comportamento particular ou específico irá produzir diferentes resultados em diferentes ambientes. Os processos de trocas entre os diferentes sistemas, formados dos mais diversos componentes, sejam átomos, moléculas ou células, permitem que ocorra a distribuição de diferentes níveis de informação, o que é chamado de variedade. As próximas escalas que ocorrem em cadeias subsequentes são chamadas de diferenciação e integração, conforme definem Hensel et al. (2010):

O processo de aumentar a variedade é chamado de diferenciação, e o processo de aumentar o número ou a força das conexões, é chamado integração. Evolução produz diferenciação em muitas escalas que interagem umas com as outras, da formação e estrutura de um organismo individual a espécies e sistemas ecológicos.(HENSEL et al. 2010, p.13. Tradução nossa⁹⁸.)

O controle destas cadeias de informação em diferentes níveis e escalas permite que processos biológicos evolutivos possam surgir de elementos como estrutura, forma e espaço, os quais passa a inspirar atualmente processos digitais de projeto. Daí a busca pela compreensão das possíveis vantagens de uma possível arquitetura genética e biodigital, feita com materiais e comportamentos que emergem, graças a sistemas de auto-organização (naturais ou digitais). Esta outra possibilidade de criação arquitetônica, na qual DNA e *software* são matéria-prima, pode trazer outras possibilidades para os processos de projeto, onde sistemas genéticos e cibernéticos tornariam-se, então, sistemas de produção para a Arquitetura Contemporânea.

⁹⁸ **Do original em Inglês:** “The process of increasing variety is called differentiation, and the process of increasing the number of or the strength of connections is called integration. Evolution produces differentiation in many scales that interact with each other, from the formation and structure of an individual organism to species and ecological systems.”

A Cibernética, a Teoria de Sistemas e Teoria de Informação, reunidas na Complexidade, tem bases conceituais em comum, e todas de algum modo se relacionam ao termo emergência, que tenta formalizar ideias sobre o que ocorre em determinados sistemas para que outros sistemas possam surgir e evoluir. São estes aspectos, além de outros, que passaremos a analisar no ítem a seguir.

2.1. Emergência

É sabido que a humanidade é uma espécie entre outras, uma variante das formas vivas da natureza. Porém a forma humana evoluiu, como outras formas de vida, em resposta às mudanças no clima, à superfície da terra e às mudanças em outras formas vivas. A cultura humana evoluiu como um meio de transmissão de informação ecologicamente contextualizada através do tempo, o conhecimento de codificação de como viver, como obter comida e combustível e como abrigar-se contra as forças do clima. É possível supor que evoluções culturais ocorram o tempo todo. Evoluções biológicas e culturais são distintas umas das outras, mas ao mesmo tempo estreitamente associadas, permitindo muitas analogias. Segundo o arquiteto Michael Weinstock,

O Homem e todos os outros seres vivos emergem, e existem no interior de processos dinâmicos e fenômenos do mundo natural, e eles têm, tiveram e continuam a ter um efeito profundo sobre ele. Todas as formas da natureza e todas as formas de civilização têm "arquitetura", um arranjo de material no espaço e no tempo que determina sua forma, tamanho, comportamento e duração, e como eles vêm a ser. Energia, informação e fluxo de material através de todas as formas do mundo, e formas humanas e da cultura têm co-evoluído e se desenvolvido dentro desses fluxos. (WEINSTOCK, 2010. p. 11 Tradução nossa⁹⁹)

Aqui cabe sublinhar o que sugere o autor, quando escreve que estamos acostumados a pensar no termo "natureza" como tudo que é selvagem e intocável, excluindo as atividades da humanidade. O entendimento de que os seres humanos, juntamente com os seus artefatos, fazem parte da natureza, tem uma história muito mais curta, de apenas 400 anos, aproximadamente. Segundo Weinstock (2010), a construção de um estudo sistemático de uma história natural foi primeiramente proposta por Francis Bacon em 1620, e é um dos primeiros

⁹⁹ **Do original em Inglês:** "Humans and all other living beings emerge from, and exist within, the dynamic processes and phenomena of the natural world, and they have had and continue to have a profound effect upon it. All forms of nature and all forms of civilisation have 'architecture', an arrangement of material in space and over time that determines their shape, size, behaviour and duration, and how they come into being. Energy, information and material flow through all the forms of the world, and human forms and culture have coevolved and developed within those flows."

projetos da ciência. Seu estudo propôs o conceito de natureza incluindo “coisas artificiais”, ou seja, as obras da humanidade, como uma manipulação da natureza.

Embora o termo emergência¹⁰⁰ seja mais comumente compreendido na linguagem cotidiana como um termo perceptual (um sinônimo de aparência), nas ciências a palavra refere-se à produção de formas e de seu comportamento por sistemas que têm uma complexidade irreduzível. Podemos dizer que todas as formas emergem de processos dinâmicos pelos quais os sistemas naturais, vivos e não vivos, produzem organizado padrão de material no espaço e no tempo. Nesse caso, forma e comportamento têm uma relação do tipo complexa. “A forma de um organismo ou cidade afeta seu comportamento no meio ambiente, e um determinado comportamento produzirá resultados diferentes em ambientes diferentes (WEINSTOCK, 2010. p. 13).”

Ainda segundo o autor, a maioria das formas de plantas e animais tem um limitado alcance climático- ecológico dentro do qual podem se desenvolver. As formas culturalmente produzidas de assentamentos e de cidades apresentam relações diferentes entre forma e comportamento, não sendo objetos estáticos, mas sim formas coletivas que os seres humanos operam e mantêm por um conjunto complexo de trocas com os ambientes e que são extensivamente e constantemente modificados pela ação humana. Sendo assim, seria natural se questionar o que faz emergir, e como é produzida emergência. Para Hensel (2010),

Todas as formas e todos os sistemas mudam com o tempo, e as formas da natureza e as formas culturais da civilização estão intrinsecamente ligadas. Os seres humanos surgiram e evoluíram dentro da natureza, e todas as formas de cultura humana evoluíram e se desenvolveram como parte da natureza e, por sua vez têm modificado extensivamente as formas naturais que existem sobre ela, e o “metassistema” do clima. Todos os sistemas do mundo, na natureza e na civilização, tendem a evoluir até que estejam prontos perto do limite crítico de estabilidade. (HENSEL, 2010, p. 244. Tradução Nossa¹⁰¹)

¹⁰⁰ A noção do que viria a ser chamado de **emergência** foi apresentada pelo biólogo inglês C. Lloyd Morgan (1923). Já a referências do conceito de emergência a partir de John Stuart Mill e George H. Lewes falam em emergência como não-linearidade. Outras definições apresentadas são emergência como novidade, o que ocorre tipicamente na evolução biológica, com o surgimento de novas espécies; emergência como imprevisibilidade, que pode ser exemplificado com o caos determinista; emergência como não-dedutibilidade, aplicáveis a leis de um nível macroscópico que não pudessem ser reduzidas às leis microscópicas; e emergência como causalidade descendente, segundo a qual uma propriedade macroscópica teria influência causal em partes microscópicas do sistema, sem que se pudesse atribuir uma equivalente influência causal a outras partes microscópicas temporalmente anteriores (Donald Campbell 1974, Roger Sperry 1976). Fonte: site do Professor Osvaldo Pessoa Jr. – notas de aula. Fonte: <http://www.fflch.usp.br/df/opessoa/opessoa-tex.htm>. Acessado em 07/08/2014.

¹⁰¹ **Do original em Inglês:** “All form and all systems change over time, and the forms of nature and the cultural forms of civilization are inextricably entwined. Humans emerged and evolved within nature, and all the forms of human culture have evolved and developed as part of nature and in turn have extensively modified the natural forms that exist upon it, and the climate “metasystem”. All the systems of the world, in nature and in civilization, have tended to evolve until they are poised close to the critical threshold of stability.”

Portanto, os processos de sistemas complexos produzem, elaboram e mantêm formas dos sistemas naturais e culturais, e esses processos incluem trocas de energia e materiais com seu ambiente. Formas vivas se mantêm contínuas e íntegras, mudando aspectos de seu comportamento, mudando sua geometria, assim como por meio de suas interações ao longo de muitas gerações. Ainda segundo Hensel (2010), a emergência é uma ciência nova, um campo que iniciou uma mudança significativa na Arquitetura. Envolver-se com a Emergência requer mais do que o desenvolvimento de um catálogo de novos materiais que são acoplados a tecnologias de produção inovadoras. Requer uma compreensão do comportamento de sistemas complexos, da Biologia, da Geologia e da Matemática de seus processos e da transferência sistemática desse conhecimento para a produção. “Emergência é a consolidação de uma mudança profunda no conhecimento e a materialização que fez mudanças significativas para a ciência e tecnologia, e para a maneira pela qual pensamos em arquitetura e a forma como produzimos.” (HENSEL, 2010. p. 11)

Portanto, parece importante a criação de condições favoráveis para que a emergência possa se manifestar. E em ela se manifestando, é importante também estarmos abertos às interações que ela pode provocar. Mas como é possível o surgimento de emergência? Que mudanças de atitude e de postura deveríamos adotar para favorecer metodologias que possam permitir a emergência objetivando a concepção em arquitetura?

Segundo Kolarevic (2003):

Abordagens atuais para projeto arquitetônico abandonaram o determinismo das práticas tradicionais do projeto e abraçaram a indeterminação direta, precisa de novos processos digitais de concepção. Em vez de trabalhar em um parte, o designer constrói um sistema gerador de produção formal, controla o seu comportamento ao longo do tempo, e seleciona as formas que emergem de seu funcionamento. (KOLAREVIC, 2003. p. 26. Tradução Nossa¹⁰²).

Segundo o autor, nessa perspectiva o método de projeto torna-se um sistema de influências, relações e restrições a partir de regras que são definidas à priori, e que focam na questão da informação e de como os parâmetros são definidos. (Kolarevic, 2003).

Pretendemos apresentar posteriormente experimentações que buscam testar possibilidades nesta direção. Além disso, esperamos também apresentar estratégias que visam contribuir para uma integração multidisciplinar de conceitos que podem se constituir em processo de concepção de modo a oferecer opções relacionadas à produção em arquitetura. Mas antes, é

¹⁰² **Do original em Inglês:** “Contemporary approaches to architectural design have abandoned the determinism of traditional design practices and have embraced the direct, precise indeterminacy of a new digital processes of conception. Instead of working on a parti, the designer constructs a generative system of formal production, controls its behaviour over time, and selects forms that emerge from its operation.”

necessário que sejam abordados mais alguns temas de grande importância para que possamos observar de modo contextualizado, os sistemas e os recortes que estão sendo propostos.

2.2. *Umwelt*

Em primeiro lugar, faz-se necessário esclarecer que não iremos nos referir a *Umwelt* como a tradução direta do termo alemão, que significa ambiente, mas sim à noção ampliada de entorno dos seres vivos, conforme definida por Jakob von Uexküll, em 1909. *Umwelt*, também definido por Uexküll como mundo subjetivo da percepção dos organismos vivos, dos animais e do homem em relação ao seu meio ambiente e de como eles o compreendem¹⁰³, antecipa a definição de sistema aberto, ou seja, que interage com seu ambiente. Visto que cada processo de observação implica em interações entre o observador e o sistema observado, sistemas abertos geralmente são mais simples de serem observados. Uma vez que é impossível examinar objetos isolados de seu ambiente, podemos supor que seja necessário para cada caso observar também interações entre sujeitos (incluindo sujeitos observadores) e objetos (sistemas).

O médico e biossemiótico Thure von Uexküll¹⁰⁴, filho de Jakob e estudioso da obra do pai, escreveu sobre este aspecto da *Umwelt*:

Uma vez que Uexküll acredita que esta atividade da mente consiste na recepção e decodificação de sinais, a mente – em última análise – é um órgão criado pela natureza para perceber a natureza [...] Isso resulta em uma relação estranhamente recíproca entre natureza, a qual criou o homem, e o homem, que não só em sua arte e ciência, mas também no seu universo experimental, criou a natureza. (UEXKÜLL, 1984 p.281. Tradução Nossa¹⁰⁵).

Outro aspecto acrescentado por Uexküll às condições prévias essenciais para a observação de sistemas, é a influência que os sujeitos têm em cada interação entre objetos e (outros) sujeitos devido a capacidades receptoras e emissoras específicas da espécie. A partir desses dois elementos-chave, ele desenvolveu em vários textos, especialmente no livro *Umwelt und*

¹⁰³ Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Jakob_von_Uexk%C3%BCll. Acesso em 07/08/2014.

¹⁰⁴ **Thure von Üxküll** (15 de março de 1908, Heidelberg - 29 de setembro de 2004, Freiburg) foi um estudioso alemão da medicina psicossomática e biossemiótica. Ele desenvolveu a abordagem de seu pai, Jakob von Uexküll, no estudo dos sistemas vivos e aplicou-os na medicina. **Do original em Inglês:** “Thure von Üxküll (March 15, 1908, Heidelberg – September 29, 2004, Freiburg) was a German scholar of psychosomatic medicine and biosemiotics. He has developed the approach of his father, Jakob von Uexküll, in the study of living systems and applied it in medicine.”. Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Thure_von_Uexk%C3%BCll. Acesso em 07/08/2014.

¹⁰⁵ **Do original em Inglês:** “Since Uexküll believe that this activity of the mind consists in the reception and decoding signs, the mind – in the final analysis – is na organ created by nature to percieve nature [...] This results in a strangely reciprocal relationship between nature, which has created man, and man, who not only in his art and science, but also in his experiential universe, has created nature.”

*Innenwelt der Tier*¹⁰⁶, volumes I e II, o conceito de “*Umwelt* específico da espécie” – o segmento ambiental de um organismo, que é definido por capacidades específicas da espécie tanto receptoras quanto emissoras (definidas por Uexküll como “percepção” e “operação”).

A abordagem da pesquisa de Uexküll sobre a *Umwelt*, buscava compreender o processo de criação da natureza para reconstruí-lo, e segundo Thure von Uexküll, esta abordagem poderia ser definida como uma observação participativa:

O processo pode ser descrito como observação participativa, se os termos da participação e observação forem definidos de forma mais clara: observação significa antes de tudo averiguar quais desses signos registrados pelo observador em seu próprio mundo experiencial também são recebidos pelo organismo vivo sob observação. Isto requer uma análise cuidadosa dos órgãos sensoriais (receptores) do organismo em questão. Após isto realizado, é possível observar como o organismo procede para decodificar os signos que tem recebido. A participação, portanto, significa a reconstrução da Umwelt (mundo circundante) de outro organismo, ou - depois de ter verificado os signos que o organismo pode receber, bem como os códigos que ele usa para interpretá-los – o compartilhamento do processo de decodificação, que ocorre durante as suas atividades comportamentais (UEXKÜLL, 1984 p.281. Tradução Nossa¹⁰⁷).

Assim, a observação participativa proposta por Jakob von Uexküll não trata apenas de uma compreensão relacionada a estabelecer se os animais se comunicam ou não, mas de uma profundidade psicológica que pode emergir desta análise semiótica (UEXKÜLL, 1984). Uexküll sugere ainda, a partir dos estudos de seu pai, que os animais, admitidos como seres vivos com mobilidade, possuem organismos emissores e receptores integrados em um sistema nervoso, e somente com a utilização e o desenvolvimento desse aparato, eles estariam habilitados a desenvolver sua *Umwelt*, ou seus entornos significativos. Anderson et al. (1984) apontam a seguinte definição de Uexküll:

Ele sugere que os animais, sendo móveis, possuem órgãos receptores e efetores integrados por um sistema nervoso. Com estes, o animal é capaz de modelar a sua Umwelt, ou entornos significativos [...] A Umwelt é, então, o cadinho de relacionamento das informações do animal,

¹⁰⁶ Ambiente externo e interno do animal. Tradução Nossa.

¹⁰⁷ **Do original em Inglês:** “Its process can be described as participatory observation, if the terms participation and observation are defined more clearly: observation means first of all ascertaining which of those signs registered by the observer in his own experiential world are also received by the living being under observation. This requires a careful analysis of the sensory organs (receptors) of the organismo in question. After this accomplished, it is possible to observe how the organismo proceeds to decode the signs it has received. Participation, therefore, signifies the reconstruction of the Umwelt (surrounding-world) of another organismo, or – after having ascertained the signs which the organism can receive as well as the codes it uses to interpret them – the sharing of the decoding process which occur during its behavioral activities.”

necessariamente as significativas, com o ambiente. (ANDERSON et al. 1984. pp. 11-12. Tradução Nossa¹⁰⁸).

Para Anderson et al. (1984), de fato, para os animais, o ambiente consiste em um relacionamento de signos, seja com animais de sua espécie, com seus predadores e presas, com seu abrigo, com o clima e seu território, com cheiros ou mesmo com sons e o silêncio. (ANDERSON et al. 1984. P. 13)

Uexküll (1984), argumenta que a *Umwelt* representa a realidade última da espécie, uma coleção de signos que forma uma representação de realidade do mundo para a espécie. Desse modo, se o universo de um organismo não for compatível com esta realidade última, não há sobrevivência, não há permanência.

Estas “bolhas-de-mundo-próprio-dos-indivíduos” são os elementos de realidade que formam eles mesmos uma síntese de todos os indivíduos e seus mundos-próprios individuais, ao mesmo tempo submetidos a mudanças constantes e em harmonia uns com os outros. (UEXKÜLL, 1984 p.281).

Portanto, é possível cogitar que a representação de mundo para os seres humanos encontra-se em constante processo de entropia, uma vez que sua realidade última encontra-se em permanente desconstrução por conta dos desequilíbrios por eles mesmos promovidos. Torna-se urgente a busca pelo reestabelecimento desse equilíbrio (ou a redução da velocidade do desequilíbrio¹⁰⁹) a partir de abordagens que levem em conta diferentes sistemas e suas influências recíprocas, de modo a haver compensações e reorganizações de cada um dos sistemas e também do sistema como um todo – nesse caso, o sistema planetário.

Outro conceito importante e que nos é muito caro na busca de uma *performance* mais equilibrada em relação à ação humana nos processos projetivos em arquitetura, é o conceito de *Autopoiésis*.

2.3. Autopoiésis

Para Maturana e Varela, introdutores do termo em 1972 no campo da biologia, os sistemas vivos são unidades autônomas, apesar de os mesmos dependerem de um meio para sua existência concreta e de intercâmbio de material. Todos os fenômenos relacionados aos sistemas vivos

¹⁰⁸ **Do original em Inglês:** “He suggested that animals, being mobile, possess receptor and effector organs integrated by a nervous system. With these, the animal is able to model its Umwelt, or significant surroundings [...] The Umwelt is then the crucible of the animal’s information relationship, perforce the meaningful ones, with the environment. “

¹⁰⁹ Entropia negativa ou *neg-entropy*.

dependem da forma pela qual sua autonomia é realizada. Segundo os autores, uma leitura cuidadosa do conhecimento bioquímico da realidade nos mostra que essa autonomia é o resultado de sua organização como sistemas em contínua autoprodução. Essa organização, em termos de autoprodução pode ser caracterizada como define Maturana (1997):

Há uma classe de sistemas dinâmicos que são realizados, como unidades, como redes de produções e desintegrações de componentes que:

Participam recursivamente, através de suas interações, da realização da rede de produções (e desintegrações) dos componentes que os produzem, e;

Realizando suas fronteiras, constituem essa rede de produções (e desintegrações) de componentes como uma unidade no espaço que eles especificam e no qual eles existem. [...] chamamos tais sistemas de Autopoiéticos e sua organização de Autopoiética

Um sistema autopoiético que existe no espaço físico é um sistema vivo - ou mais precisamente, o espaço físico é o espaço que os componentes dos sistemas vivos especificam e no qual eles existem (MATURANA, 1997 P. 134).

A concepção de *Autopoiésis* permite a compreensão primeira de que um sistema pode se autorregular e se autogerir espontaneamente na natureza. Os processos celulares são um exemplo dessa teoria. Porém, o que se verifica é que os sistemas não se encontram isolados uns em relação aos outros, pelo contrário, quanto maior o nível de complexidade, maior o nível de interações e de ligações possíveis para as trocas e, conseqüentemente, maiores as conexões que podem levar ao desequilíbrio entre as partes. Sob certo aspecto, poderíamos afirmar que não existe autonomia de forma irrestrita, uma vez que o equilíbrio de um sistema causará necessariamente o desequilíbrio de outros sistemas.

Portanto, ao mesmo tempo os sistemas vivos são determinados internamente em relação à sua própria estrutura e evolução histórica, assim como são influenciados por outros sistemas ou comunicações externas.

Sobre a *Autopoiésis* enquanto sistema estruturado e ao mesmo tempo aberto, Maturana (2001) escreve o seguinte:

Nesse sentido, sistemas vivos são máquinas. Apesar disso, são um tipo particular de máquinas: são máquinas moleculares que operam como redes fechadas de produções moleculares tais que as moléculas produzidas através de suas interações produzem a mesma rede molecular que as produziu, especificando a qualquer instante sua extensão. Numa publicação anterior com Francisco Varela, chamei esse tipo de sistemas de sistemas autopoiéticos. Sistemas vivos são sistemas autopoiéticos moleculares. Enquanto sistemas moleculares, os sistemas vivos são abertos ao fluxo de matéria e energia. Enquanto sistemas autopoiéticos, sistemas vivos são sistemas fechados em sua dinâmica de estados, no sentido de que eles são vivos apenas enquanto todas as suas mudanças estruturais forem mudanças estruturais que conservam sua

autopoiese. Ou seja, um sistema vivo morre quando sua autopoiese para de ser conservada através de suas mudanças estruturais. (MATURANA 2001, p. 174-175).

Admite-se que todos os sistemas vivos interagem a partir das regulações entre os seres vivos, e entre os seres vivos e o meio em que vivem. Deste modo, é possível supor que o meio no qual vivem os seres vivos, por ter uma relação direta com todos os sistemas vivos autopoieticos, também ele está ao mesmo tempo influenciando e sendo influenciado por todas as relações possíveis e se tornando em várias escalas autopoietico, apesar de possuir na soma das dinâmicas dos diversos sistemas que agrega, sua própria dinâmica estrutural.

O meio, enquanto o espaço no qual um sistema funciona como um todo, tem uma dinâmica estrutural independente da dinâmica estrutural dos sistemas que ele contém, apesar de ser modulado pelos seus encontros com eles. Portanto, o meio e os sistemas que ele contém estão em mudanças estruturais contínuas, cada um de acordo com sua própria dinâmica estrutural, e cada um modulado pelas mudanças estruturais que eles desencadeiam um no outro através de seus encontros recursivos. Nessas circunstâncias, todos os sistemas que interagem com um sistema vivo constituem seu meio. Além disso, de acordo com a dinâmica recursiva das interações recíprocas acima descritas, todos os sistemas em interações recursivas mudam juntos, congruentemente. (MATURANA 2001, p. 174-175).

Seria de se esperar, portanto, que a Arquitetura pudesse ter um comportamento autopoietico, inspirado no que ocorre na natureza?

FIGURA 56: CARDUME DE PEIXES E TUBARÕES.
FONTE: [HTTP://MIGRE.ME/AHZ4T](http://migre.me/AHZ4T)

FIGURA 57: ATRADORES - GRASHOPPER.
FONTE: AUTOR, 2011.

As figuras acima ilustram possibilidades em fenômenos de auto-organizações geradas, uma em ambiente natural (à esquerda), e outra em ambiente digital (à direita), e que configuram padrões que emergem a partir das relações estabelecidas entre os sistemas (Tubarões e cardume de peixes menores ou atradores). Estas simulações ou mimetizações dos processos

naturais configuram uma estratégia de atuação bio-inspirada, tornada possível a partir do uso de algoritmos genéticos e de uma mudança significativa em relação ao pensamento sobre como se dá o processo de projeto em vários níveis, inclusive em um nível filosófico.

O arquiteto alemão Patrik Schumacher¹¹⁰ (2011) apresenta em seu livro *The Autopoiesis of Architecture: A New Agenda for Architecture, volumes I e II*, uma abordagem que se apoia em conceito revisado de *Autopoiesis* como sistema social, a partir dos conceitos da Teoria de Sistemas Sociais desenvolvida por Niklas Luhmann.¹¹¹ O autor defende que a *Autopoiesis* pode ser pensada não apenas em relação à autoprodução e à sustentabilidade da arquitetura em si mesma, mas também a partir de relações de comunicação que ela pode mediar entre os diversos sistemas que compõem a sociedade.

Schumacher introduz a questão da seguinte forma:

A introdução do conceito de autopoiesis reflete a premissa de que a disciplina de Arquitetura pode ser teorizada como um sistema distinto de comunicações. Autopoiese significa autoprodução. O conceito foi introduzido pela primeira vez dentro da biologia para descrever as características essenciais da vida como uma organização circular que reproduz todos os seus componentes específicos de seu próprio processo de vida. Essa idéia de sistema vivo como autônomo, unidades autoproduzidas, pode ser transposta para a Teoria dos Sistemas Sociais, entendida como sistemas de comunicação que reproduzem todas as suas necessidades, estruturas específicas de comunicação dentro de seu próprio processo fechado de auto-referenciação. Sistemas de comunicações podem, portanto, ser teorizado como sistemas autopoieticos no sentido de que eles geraram os seus próprios componentes e estruturas no interior do fluxo contínuo de comunicações. Dentro desse quadro teórico sociedade é definida como o global, o abrangente sistema de comunicações. (SCHUMACHER 2011, pp.01-02 Tradução nossa.)¹¹²

E complementa:

¹¹⁰ **Patrik Schumacher** é sócio da Zaha Hadid Architects e diretor fundador do Laboratório de Pesquisa em Design AA. Ele se juntou a Zaha Hadid, em 1988. Patrik Schumacher estudou filosofia e arquitetura em Bonn, Londres e Stuttgart, onde recebeu seu diploma de arquitetura em 1990. Em 1999, ele completou seu doutorado no Instituto de Ciência Cultural, Klagenfurt University. Do original em Inglês: "Patrik Schumacher is partner at Zaha Hadid Architects and founding director at the AA Design Research Lab. He joined Zaha Hadid in 1988. Patrik Schumacher studied philosophy and architecture in Bonn, London and Stuttgart, where he received his Diploma in architecture in 1990. In 1999 he completed his PHD at the Institute for Cultural Science, Klagenfurt University." **Fonte:** <http://www.patrikschumacher.com>. Acesso em 07/08/2014.

¹¹¹ **Niklas Luhmann** (Luneburg, 8 de dezembro de 1927 — Oerlinghausen, 6 de novembro de 1998) foi um sociólogo alemão. É considerado um dos mais importantes representantes da sociologia alemã atual. Adepto de uma teoria particularmente própria do pensamento sistêmico, Luhmann teorizou a sociedade como um sistema autopoietico. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Niklas_Luhmann. Acesso em 08/08/2014.

¹¹² **Do original em Inglês:** "The introduction of the concept of autopoiesis reflects the premise that the discipline of architecture can be theorized as a distinct system of communications. Autopoiesis means self-production. The concept was first introduced within biology to describe the essential characteristics of life as a circular organization that reproduces all its specific components out of its own life-process. This idea of living system as autonomous, self-making unities can be transposed into the theory of social systems understood as systems of communications that reproduce all their necessary, specific communication structures within their own self-referentially closed process. Systems of communications can therefore be theorized as autopoietic systems in the sense that they generate their own components and structures within the ongoing flow of communications. Within this theoretical framework society is defined as the overarching, all-encompassing system of communications."

A teoria da autopoiesis arquitetônica "observa" de perto (e tem a intenção de intervir dentro de) um subconjunto distinto destas comunicações sociais, ou seja, o subconjunto de comunicações de arquitetura e - assumindo que eles formam um sistema - está tentando capturar estas estruturas conceituais constitutivas dos sistemas (conceitos), seus padrões de comunicação regulares (métodos), seus critérios de avaliação (valores), bem como sua trajetória evolutiva no que diz respeito a essas três dimensões. A teoria oferece um quadro coerente que permite analisar a arquitetura em si, em comparação com os outros subsistemas da sociedade, como arte, ciência e política. Com base em tais comparações a teoria insiste na necessidade de autonomia disciplinar e defende uma demarcação nítida da arte e da ciência. Inteligência de Design é uma inteligência sui generis. É uma inteligência específica coletiva que evolui dentro de sua própria rede autoreferencial de comunicações. Esta rede é a Autopoiese da arquitetura. (SCHUMACHER 2011, p.02 Tradução nossa.)¹¹³

Portanto, a *Autopoiesis* da Arquitetura defendida por Schumacher propõe a utilização da teoria de Sistemas Sociais de Niklas Luhmann como orientação para a construção de uma teoria da arquitetura que, por sua vez, proponha uma teoria da comunicação arquitetônica como um subsistema autônomo de comunicação em evolução, mas fazendo parte de um sistema global de comunicações sociais. Segundo o autor, “a teoria da *autopoiesis* arquitetônica assume que a arquitetura é um sistema de comunicações integral, uma unidade coesa que se reproduz dentro dos limites que a mantém e controla.” (SCHUMACHER 2011, p.172. Tradução nossa¹¹⁴)

A teoria da *Autopoiesis* arquitetônica utiliza este panorama para investir em questões estratégicas para além do horizonte de preocupações arquitetônicas. Segundo Schumacher (2011), o investimento nessas estratégias traria contribuições a respeito do potencial da conceituação da Arquitetura, a partir da análise de Luhmann das estruturas de comunicação de outros discursos. Assim, a Teoria de Luhmann abre um horizonte comparativo que engloba muitos domínios especializados de comunicação, incluindo o domínio da Arquitetura.

Por fim, gostaríamos de registrar que apesar de mencionar que o conceito da *Autopoiésis* tem origem na biologia, e de apontar o livro *Autopoiésis and Cognition: The Realization of the Living* nas referências bibliográficas dos dois tomos, Schumacher não explora o trabalho de Francisco Maturana e Humberto Varela, no sentido de estabelecer conexões diretas e dialogar com os autores.

¹¹³ **Do original em Inglês:** “The theory of architectural autopoiesis closely 'observes' (and intends to intervene within) a distinct subset of these societal communications, namely the subset of architectural communications, and - assuming that they form a system - is trying to capture this system's constitutive conceptual structures (concepts), its regular communication patterns (methods), its criteria of evaluation (values), as well as its evolutionary trajectory with respect with those three dimensions. The theory offers a coherent framework that allows architecture to analyse itself in comparison with the other subsystems of society like art, science and politics. On the basis of such comparisons the theory insists on the necessity of disciplinary autonomy and argues for a sharp demarcation from both art and science. Design intelligence is an intelligence sui generis. It is a specific collective intelligence that evolves within its own self-referential network of communications. This network is the autopoiesis of architecture [...]”

¹¹⁴ **Do original em Inglês:** “The Theory of architectural autopoiesis assumes that architecture is an integral system of communications, a cohesive unity that reproduces itself within the boundaries it maintains and polices.”

2.4. Bio-inspiração e morfogênese digital

O desenho inspirado pela natureza não se constitui em uma novidade na evolução da Arquitetura e de seu desenvolvimento formal, conforme apontam Estevez (2009) e Dollens (2009). Porém, na maioria dos casos, as influências se deram apenas por questões de ordem exclusivamente formal. Um exemplo desse tipo de estratégia, na qual o desenho foi inspirado pela natureza, é o projeto da Cidade das Artes e das Ciências, de Santiago Calatrava¹¹⁵, inaugurado em 1988 em Valência, Espanha (Figuras 58 e 59):

FIGURA 58: CROQUIS
CIDADE DAS ARTES E DAS CIÊNCIAS
FONTE: www.calatrava.com

FIGURA 59: CIDADE DAS ARTES E DAS CIÊNCIAS
FONTE: www.calatrava.com

A inspiração do projeto diz respeito à um olho humano e enquanto na Figura 3, à esquerda, podemos observar o croqui que ensaia a mimese proposta, na Figura 4, à direita, podemos observar a obra arquitetônica realizada.

Considerando uma história milenar de espaços e ambiente construídos pelos seres humanos, onde inúmeras aproximações com elementos da natureza foram realizadas, percebe-se que as tecnologias levaram os arquitetos a explorar processos movidos por questões de desempenho, em direção ao entendimento e reprodução do comportamento dos sistemas naturais.

¹¹⁵ **Santiago Pevsner Calatrava Valls** (Valência, 28 de julho de 1951) é um arquiteto e engenheiro espanhol cujo trabalho tem se tornado bastante popular nas últimas décadas. Calatrava licenciou-se em arquitetura em 1974. Mudou-se para Zurique para estudar engenharia civil, licenciando-se em 1979 e doutorando-se em 1981. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Santiago_Calatrava. Acesso em 07/08/2014.

Como destacamos anteriormente, vislumbra-se atualmente um conjunto de estratégias na busca pelo reequilíbrio ou diferentes níveis de equilíbrio, de uma arquitetura contextualizada no meio-ambiente, em constante transformação, privilegiando características de desempenho dentro do processo de projeto.

Uma destas estratégias é a morfogênese, usada em várias disciplinas como geologia, cristalografia, engenharia, urbanismo, arte e também na arquitetura. Inicialmente utilizada na diversidade das ciências biológicas, o termo refere-se à lógica da produção de forma relacionada ao padrão de decisões em um organismo, através de processos de crescimento e diferenciação.

Morfogênese é o fundamento teórico e corpo de conhecimento relacionado com a evolução da estrutura de um organismo em fenômenos naturais. Estudo da estrutura dos organismos em Biologia e Geologia, o campo tem uma rica base filosófica. Estudos morfogenéticos no projeto envolvem conceitos e investigação científica que possuem implicações teóricas importantes para a geração de forma em projeto. Estes são particularmente relevantes para as teorias e práticas da geração da forma em mídia digital, ou como estes tipos de processos generativos da forma são freqüentemente chamados, morfogênese digital. (OXMAN e OXMAN, 2014.p. 191. Tradução nossa.¹¹⁶)

Trata-se, portanto, de uma abordagem contemporânea que procura identificar características importantes para a evolução dos sistemas através da compreensão dos processos biológicos, ou seja, no entendimento de como os organismos se desenvolvem na natureza e quais são as características que possibilitam que estes processos ocorram.

Segundo Brian Goodwin¹¹⁷ (1994),

As ciências da complexidade conduzem à construção de uma teoria dinâmica de organismos como a fonte primária das propriedades emergentes da vida que têm sido revelados na evolução. Estas propriedades são geradas durante o processo conhecido como morfogênese, o desenvolvimento da forma complexa do organismo adulto desde o seu simples começo, tais como um ovo ou um botão. Durante morfogênese uma ordem emergente é gerada por tipos distintos de processos

¹¹⁶ **Do original em Inglês:** “Morphogenesis is the theoretical foundation and body of knowledge related to the evolution of structure of an organism in natural phenomena. The study of the structure of organisms in Biology and Geology, the field has a rich philosophical background. Morphogenetic studies in design involve concepts and scientific research that gave significant theoretical implications for form generation in design. These are particularly relevant to theories and practices fo form generation in digital media, or as these type of form generative processes are frequently termed, digital morphogenesis.”

¹¹⁷ **Brian Carey Goodwin** (Montreal, 1931 - 15 de Julho de 2009) foi um reconhecido matemático e biólogo canadense. Estudou na Universidade McGill e emigrou para o Reino Unido, onde se tornou professor de dedicação exclusiva na *Open University* até a sua aposentadoria em 1992. Goodwin foi um dos fundadores-chave do ramo da biologia matemática conhecida como biologia teórica que se centra nos métodos da matemática e da física para compreender os processos biológicos. Seu campo de estudo foi a morfogênese e a evolução, onde desenvolveu uma avaliação crítica do papel da seleção natural. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Brian_Goodwin. Acessado em 15/08/2012.

dinâmicos em que os genes desempenham um papel significativo, mas limitado. Morfogênese é a fonte de propriedades emergentes evolutivas. (GOODWIN 1994. p. 21. Tradução nossa¹¹⁸.)

É sabido há algum tempo no campo da Genética que a partir do embrião e de seu desenvolvimento, no começo quase todas as células são idênticas. Com o passar do tempo e de sucessivas reproduções ocorre um processo de diferenciação. Esse processo permite uma variação tanto de um ponto de vista formal como funcional para o ser que se forma (parodiando a dicotomia arquitetônica), e o que é mais destacável, sem nenhum tipo de coordenação central. Trata-se de um fenômeno de auto organização.

Apresentamos um exemplo em que é possível observar dois padrões de gênese da forma, ou morfogênese, um primeiro, presente na natureza a partir do desenvolvimento de uma espécie vegetal, e outro, que não apenas mimetiza os aspectos formais do primeiro, mas busca reconstituir seus padrões de comportamento e de desenvolvimento (evolução), via simulação em ambiente digital a partir de programação realizada no programa computacional *Processing*: (Figuras 60 e 62).

FIGURA 60: MORFOGÊNESE BIOLÓGICA.
FONTE: <http://wakeup-world.com/2012/04/04/the-astonishing-geometry-of-nature/>

FIGURA 61: MORFOGÊNESE DIGITAL –
SOFTWARE: PROCESSING
FONTE: AUTOR – VER: <http://youtu.be/xtun6qkgnpu>

¹¹⁸ **Do original em Inglês:** The sciences of complexity lead to the construction of a dynamic theory of organisms as the primary source of the emergent properties of life that have been revealed in evolution. These properties are generated during the process know as morphogenesis, the development of the complex form of the adult organism from simple beginnings such as an egg or a bud. During morphogenesis emergent order is generated by distinctive types of dynamic process in which genes play a significant but limited role. Morphogenesis is the source of emergent evolutionary properties.

Os estudos sobre a busca por uma entropia negativa que possa contribuir para uma desaceleração em um nível sistêmico, em função do desequilíbrio causado pelos seres humanos especialmente no ambiente construído, poderiam iniciar justamente no entendimento das influências que ocorreram e ocorrem entre meio ambiente e seres humanos, e que são decorrentes dos modos de vida e comportamentos sociais contemporâneos. A morfogênese digital possibilita uma aproximação conceitual em direção ao desempenho, uma vez que permite a mimetização de organismos naturais e a produção de sistemas que resultam em formas a partir das entradas relacionadas ao comportamento e ao conjunto de regras que os determinam e os mantêm enquanto sistemas.

Assim Stanislav Roudavsky¹¹⁹ (2009) define a morfogênese digital:

“Em Arquitetura, morfogênese (“morfogênese digital” ou “morfogênese computacional”) é entendida como um conjunto de métodos que emprega meios digitais não como ferramentas representativas para visualização, mas como ferramentas geradoras para a derivação da forma e sua transformação, muitas vezes em uma aspiração de expressar processos contextuais na forma construída. Nesse entendimento inclusivo, a morfogênese digital em arquitetura tem uma relação amplamente semelhante ou metafórica com os processos de morfogênese na natureza, compartilhando com ela a dependência no desenvolvimento gradual, mas não necessariamente adotando ou referindo-se aos mecanismos atuais de crescimento ou adaptação”. (ROUDAVSKY 2009, p. 348-349. Tradução nossa.¹²⁰)

Mais recentemente, o termo tem sido utilizado para designar uma abordagem de projeto que visa contestar a hegemonia de processos *top-down* de solução da forma, e substituí-la por uma lógica *bottom-up* de busca da forma. A ênfase passa a ser, portanto, no processo, onde o desempenho e o comportamento dos materiais tornaram-se centrais para a busca da aparência e do comportamento do produto final e os métodos de representação do mesmo. Se conseguirmos encontrar formas que operam de modo mais eficiente de um ponto de vista estrutural, então poderemos usar os materiais de modo mais econômico e ambientalmente adaptado. Se pudermos conceber formas que se mostram mais eficientes em termos de consumo energético, consumiremos menos energia no aquecimento ou arrefecimento dos

¹¹⁹ **Stanislav Roudavski** é um artista, arquiteto, designer e pesquisador com interesses em ambientes virtuais navegáveis expressivos e dramáticos em tempo real, teatro virtual, novas formas de narrativa, arquitetura virtual, e lugar e espaço virtual. **Do original em Inglês:** “Stanislav Roudavski is an artist, architect, designer and researcher with interests in real-time navigable expressive and dramatic virtual environments, virtual drama, new forms of narrative, virtual architecture, virtual place and space.” Fonte: <http://dawhois.com/site/stanislaroudavski.net.html>. Acesso em 07/08/2014.

¹²⁰ **Do original em Inglês:** “In architecture, morphogenesis (“digital morphogenesis” or “computational morphogenesis”) is understood as a group of methods that employ digital media not as representational tools for visualization but as generative tools for the derivation of form and its transformation often in an aspiration to express contextual processes in built form. In this inclusive understanding, digital morphogenesis in architecture bears a largely analogous or metaphoric relationship to the processes of morphogenesis in nature, sharing with it the reliance on gradual development but not necessarily adopting or referring to the actual mechanisms of growth or adaptation.”

nossos edifícios. Em ambos os casos a concepção morfogenética poderia e deverá contribuir para preservar os recursos do mundo.

Ahlquist e Menges (2011) comentam a característica evolutiva possibilitada pela morfogênese digital:

A característica em aberta da computação evolutiva é de particular interesse para a arquitetura, como uma tarefa de design geralmente não pode ser exaustivamente descrita como um problema, mas sim como uma oportunidade para criar novas possibilidades no âmbito de um dado escopo. Aqui, a evolução é mais sobre como encontrar do que pesquisar, sobre a extensão contínua do espaço de busca através de novas soluções que surgem como subproduto da dinâmica evolutiva de mutação, seleção e herança. Desta forma, algoritmos evolucionários, que eram tradicionalmente utilizadas para a otimização, também permitem processos morfológicos performativos, gênese adaptativa, e novidades inerentes a serem investigadas em muitos limites que estão substituindo as experimentações feitas à mão. (AHLQUIST e MENGES 2011, p. 21. Tradução nossa.¹²¹)

Percebe-se que o interesse na produção com intermediação do computador associado às preocupações sobre como a Arquitetura poderia promover práticas menos invasivas ao meio ambiente a partir da otimização dos recursos naturais e da potencialização do desempenho, tem também oportunizado mudanças e revisões nas fundamentações teóricas relacionadas aos processos de projeto, ampliando as possibilidades de colaboração entre diversos campos do conhecimento e consequentemente promovendo ampliação dos limites e dos paradigmas teóricos ligados à Arquitetura.

2.5. Em direção à evolução: processos generativos e algoritmos evolutivos

Inicialmente, é preciso esclarecer uma questão importante em relação aos termos utilizados, que por serem muito recentes no vocabulário arquitetônico, ainda causam certa estranheza e confusão. De acordo com Gabriela Celani (2011), um processo generativo pode ser utilizado visando à otimização (convergência) ou à variedade (divergência), por meio da geração de múltiplas alternativas. Os métodos generativos em geral utilizam procedimentos sistemáticos que incluem o uso de parâmetros e a avaliação de condicionais. Essas sequências de instruções precisas são chamadas de algoritmos. Ainda segundo a pesquisadora, o conceito de sistema

¹²¹ **Do original em Inglês:** “The open-ended characteristic of evolutionary computation is of particular interest for architecture, as a design task can usually not be comprehensively described as a problem, but rather as an opportunity for creating novel possibilities within the framework of a given brief. Here, evolution is more about finding than searching, about the continual extension of the search space through novel solutions that emerge as the by-product of the evolutionary dynamics of selection, mutation and inheritance. In this way, evolutionary algorithms, which were traditionally utilised for optimisation, also enable performative morphological processes, adaption genesis and inherent novelty to be investigated in bounds greatly superseding hand-driven experimentation”.

generativo de projeto acabou sendo associado aos programas de modelagem paramétrica, dando uma falsa impressão de que os sistemas generativos são algo novo e que os sistemas generativos necessitam obrigatoriamente ser implementados em computador. Celani (2011), a partir de Fischer e Herr (2001), figura 62, propõe um esclarecimento sobre a questão:

FIGURA 62: SISTEMA GENERATIVO
FONTE: FISCHER E HERR, 2001.

Em vez do designer projetar diretamente o produto, o designer projeta um sistema que projeta o produto, ou seja, um sistema generativo. Este sistema não precisa ser necessariamente digital, mas é com a mediação digital que seu potencial para a ser mais explorado.

Em seu livro *Como arquitetos e designers pensam*, publicado em sua primeira edição em 1980, Bryan Lawson (2011) apresentava um exame histórico que abordava as modificações do modo como arquitetos e designers projetavam em um processo analógico, passando do ato de se projetar por meio de desenhos para se projetar com a ciência. Logo a seguir especulava possíveis futuros papéis destes projetistas, onde vislumbrava a possibilidade de um caminho equilibrado (entre uma visão que ele considera mais conservadora e outra revolucionária) que busque a participação dos usuários nos processos de projeto (LAWSON, 2011 p. 38). Posteriormente o autor procurava estabelecer um breve olhar sobre as possibilidades que se abriam, na época, relacionadas às conversas com computadores.

Voltemos ao pensamento algorítmico, onde as instruções precisam ser passadas a través de uma linguagem compreensível, interpretadas (com ou sem o auxílio de uma máquina) e executadas de modo mais eficiente possível. As negociações executadas entre problema e solução são, portanto, da ordem interna do próprio sistema que passa a projetar possibilidades (ainda que possam haver influências e acoplamentos externos a partir de outros sistemas).

Chegamos em um momento da história da humanidade onde é possível, não apenas desenhar diretamente o produto, mas sobretudo, projetar o sistema que irá gerar o produto (ou vários).

Este processo de se projetar o sistema, tem levado também a uma observação mais ampla em relação à todos os sistemas, especialmente os naturais, a partir de uma abordagem mais holística. Como vimos anteriormente, conceitos como Emergência, Umwelt e Autopoiésis são totalmente compatíveis na formulação de um estado mental de preparação do processo de projeto e da concepção do *Metadesign* (ou *design* do *design*, conceito que será detalhado posteriormente).

Segundo Mauro Costa¹²² (2009), a arquitetura está relacionada com o estudo da vida. No entanto, para o autor, os arquitetos se aproximam das analogias biológicas de muitas maneiras diferentes, muitas vezes com foco apenas na imitação morfológica sem entender os processos que estão na origem das formas observadas. Além disso, Costa (2009) destaca que é comum que arquitetos também reconheçam características específicas que permeiam os seres vivos, o seu potencial na organização social e cultural e até mesmo o impacto de seu trabalho nos ecossistemas, porém se distanciam da responsabilidade de produzir interfaces de grande escala entre os seres humanos e o meio ambiente.

Em uma extrapolação radical, mas consistente em função das hipóteses científicas atualmente disponíveis, Costa considera que as características utilizadas para definir o fenômeno vida podem ser aplicadas a entidades normalmente considerados não-vivas, como por exemplo, a arquitetura:

Através destas analogias se propicia a compreensão da complexidade da vida e do potencial da extrapolação desse conhecimento para outros campos do saber. Entre as áreas de conhecimento que se beneficiam dessas investigações se destaca a arquitetura biodigital para suas conexões com os processos de auto-organização, evolução e desenvolvimento presentes tanto nos seres vivos como em outros processos generativos, incluindo o próprio processo criativo. (COSTA, 2009 p. 75. Tradução nossa)¹²³

A aplicação de estratégias evolutivas na arquitetura a partir de analogias generativas e adaptativas baseia-se no conceito de complexidade, uma vez que deverão ser considerados tanto as questões de morfogenética internas aos processos, quanto as relações sistêmicas com condicionantes externos.

Costa (2009) também aponta para o fato de que o estudo da complexidade e da auto-organização permite programar organismo virtuais capazes de emular as interações existentes

¹²² **Mauro Costa** Couceiro é Arquiteto e Professor no d'ARQ FCTUC, Universidade de Coimbra.

¹²³ **Do original em Espanhol:** "A través de estas analogías se promociona la comprensión de la complejidad de lo vivo y del potencial de las extrapolaciones de estos conocimientos hacia otros campos del saber. Entre los campos del saber que se benefician de estas investigaciones se destaca la arquitectura biodigital por sus conexiones con los procesos de autoorganización, evolución y desarrollo presentes tanto en los seres vivos como en otros procesos generativos, entre los cuales se destaca el propio proceso creativo."

nos ecossistemas. Essa capacidade de programação se dá através do desenvolvimento de regras e instruções específicas a serem seguidas, os algoritmos.

Segundo Tedeschi¹²⁴ (2011), um algoritmo define o caminho pelo qual um resultado é obtido, a partir dos dados iniciais. Os dados iniciais são chamados de entradas (*inputs*) e os resultados são chamados de saídas (*outputs*). Para o autor, “um algoritmo especifica uma sequência de passos para se obter um resultado desejado, a partir dos dados de entrada. É uma sequência lógica e finita de instruções básicas, concebida por um ser humano e efetuada por um computador.” (TEDESCHI, 2011. p.15. Tradução nossa¹²⁵).

Na figura abaixo, Tedeschi (2011) apresenta um diagrama esquemático para a compreensão da ideia geral de um algoritmo:

FIGURA 63: ALGORITMO
FONTE: TEDESCHI (2011)

O diagrama demonstra que, a partir de entradas ou questões iniciais que alimentam o sistema, um conjunto de instruções é aplicado (algoritmos) e o resultado é a saída, ou a resposta para as entradas apresentadas. Outra característica que o autor destaca, é que um algoritmo apresenta solução, não apenas para um problema específico, mas para todos os problemas que se assemelhem a este, ou seja, para uma classe de problemas. Para Terzidis¹²⁶ (2011), a maioria das teorias relacionadas aos princípios criativos da forma tratam principalmente de percepções e interpretações subjetivas, enquanto a lógica algorítmica, ao contrário, apresenta uma

¹²⁴ **Arturo Tedeschi** (1979), arquiteto, desde 2004 têm complementado sua prática profissional na Itália, com uma pesquisa pessoal sobre design paramétrico, com foco na relação entre arquitetura e novas ferramentas de design. **Do original em inglês:** “Arturo Tedeschi, architect, since 2004 complemented professional practice in Italy with a personal research on parametric design, focusing on relationships between architecture and new design tools.” Fonte: Tedeschi 2011.

¹²⁵ **Do original em inglês:** “An algorithm specifies a sequence of steps to obtain a desired result, starting with input data. It is a logical and finite sequence of basic instructions, designed by a human being and carried out by a computer.”

¹²⁶ **Kostas Terzidis** é Professor Associado na *Harvard Graduate School of Design*. Ele tem um PhD em Arquitetura pela Universidade de Michigan (1994), mestrado em Arquitetura pela Universidade Estadual de Ohio (1989) e um Diploma de Engenharia da Universidade Aristóteles de Salônica, na Grécia (1986). **Do original em inglês:** “Kostas Terzidis is an Associate Professor at the Harvard Graduate School of Design. He holds a PhD in Architecture from the University of Michigan (1994), a Masters of Architecture from Ohio State University (1989) and a Diploma of Engineering from the Aristotle University in Thessaloniki, Greece (1986).” Fonte: <http://icar2012.uauim.ro/committees/kostas-terzidis/>. Acesso em 08/08/2014.

abordagem mais determinística, sugerindo coerência, organização e sistematização, dentre outras características. Assim, ele define um algoritmo:

Um algoritmo é um procedimento computacional para abordar um problema em um número finito de passos. Ele envolve dedução, indução, abstração, generalização e lógica estruturada. É uma extração sistemática de princípios lógicos e um desenvolvimento de um plano genérico de solução. Estratégias algorítmicas utilizam a busca por padrões repetitivos, princípios universais, módulos intercambiáveis e capacidades indutivas. O poder intelectual de um algoritmo encontra-se na sua habilidade de inferir novos conhecimentos e de estender alguns limites do intelecto humano. (TERDIZIS, 2011, p. 94. Tradução nossa¹²⁷).

Algoritmos são entendidos, ainda segundo o autor, como operações matemáticas universais e abstratas que podem ser aplicadas para quase todo o tipo e para quaisquer quantidades de elementos. Quando os objetivos destas operações envolvem processos de inspiração ou mimese biológica, levando-se em conta conceitos evolutivos oriundos da genética, entramos nos domínios dos algoritmos genéticos.

Os algoritmos genéticos provêm de uma analogia em que se mimetizam os processos de hereditariedade, variação e seleção natural, e podem ser usados para obter soluções otimizadas. Algoritmos genéticos podem ser aplicados mesmo manualmente, através de pseudocódigo em qualquer das fases do processo conceitual, analisando um conjunto de problemas com um grande número de variáveis. Esses métodos de investigação, além de estimular uma metodologia proativa, permitem reconhecer que os processos de busca em campos infinitos de variabilidade só podem ser conseguidos através da otimização. Segundo Bentley¹²⁸ e Corne¹²⁹

¹²⁷ **Do original em inglês:** “An algorithm is a computational procedure for addressing a problem in a finite number of steps. It involves deduction, induction, abstraction, generalisation and structured logic. It is the systematic extraction of logical principles and the development of a solution plan. Algorithmic strategies utilise the search for repetitive patterns, universal principles, interchangeable modules and inductive skills. The intellectual power of an algorithm lies in its ability to infer new knowledge and to extend certain limits of the human intellect.”

¹²⁸ **Peter John Bentley** (nascido em 16 de maio de 1972) é um autor britânico e cientista da computação baseado na *University College London*. Nascido em Colchester, Inglaterra, possui uma licenciatura em Inteligência Artificial da Universidade de Essex) e um Ph.D. em Projeto Evolutivo. Sua tese de doutorado foi intitulada *Design de Objetos Sólidos Usando um Algoritmo Genético*. **Do original em inglês:** “Peter John Bentley (born 16 May 1972) is a British author and computer scientist based at University College London. Born in Colchester, England, he achieved a B.Sc. in Artificial Intelligence from the University of Essex and a Ph.D. in Evolutionary Design. His doctorate thesis was entitled *Generic Evolutionary Design of Solid Objects using a Genetic Algorithm*.” Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Peter_J._Bentley. Acesso em 08/08/2014.

¹²⁹ **David W. Corne** é coordenador do curso em computação evolutiva (CE) da *University of Reading*. Sua primeira pesquisa sobre horários evolutivos (com Peter Ross) resultou no primeiro programa de horários disponíveis gratuitamente bem sucedido e baseado em CE geral para as instituições de ensino e outros. Seus trabalhos posteriores em CE têm ocorrido em áreas como mineração padrão de DNA, modelagem promotora, filogenia, programação, design layout, telecomunicações, mineração de dados, questões de comparação entre algoritmos, e otimização multiobjetivo. **Do original em inglês:** “David W. Corne is a reader in evolutionary computation (EC) at the University of Reading. His early research on evolutionary timetabling (with Peter Ross) resulted in the first freely available and successful EC-based general timetabling program for educational and other institutions. His later EC work has been in such areas as DNA pattern mining, promoter modeling, phylogeny, scheduling, layout design, telecommunications, data mining, algorithm comparison issues, and multiobjective optimization.” Fonte: http://store.elsevier.com/David-W.-Corne/ELS_1014196/. Acesso em: 08/08/2014.

(2011), para que se constitua um *framework* voltado para a evolução criativa, são necessários cinco elementos:

- Um algoritmo evolutivo;
- Uma representação genética;
- Uma embriogenia usando componentes;
- Uma representação fenotípica;
- Funções de aptidão e/ou processamento dos inputs do usuário. (BENTLEY e CORNE, 2011 p. 121. Tradução nossa.)¹³⁰

Assim, para haver um sistema evolutivo de criação, é necessário que haja um algoritmo evolutivo que gere novas soluções. Bentley e Corne (2011) admitem que há quatro modos de algoritmos evolutivos serem aplicados: algoritmos genéticos, programações genéticas, estratégias evolutivas e programações evolutivas, todos variando o modo como genótipos e fenótipos são mapeados e representados no processo. Muitas questões podem ser exploradas por algoritmos evolutivos, como por exemplo, múltiplos objetivos, multimodalidades, convergências, ruídos, fuzzy, entre outras estratégias.

A representação genética a partir do genótipo, define um espaço de busca de um algoritmo. Para uma computação evolutiva criativa, onde os genes representam um número variável de componentes, o espaço de busca é variável e uma representação mal feita pode colocar soluções diferentes muito próximas, de um ponto de vista da homogeneização da informação, e tornar a busca pelas melhores soluções muito difícil (BENTLEY e CORNE, 2011).

A embriogenia é um tipo de processo de mapeamento a partir do genótipo para o fenótipo, onde uma série de instruções de crescimento acontecem dentro do sistema e que vão determinar como o fenótipo irá se desenvolver. O processo de embriogenia é muito usado por sistemas evolutivos exploratórios porque ela fornece os mecanismos para construir todas as soluções a partir dos elementos componentes.

A representação fenotípica acontece em decorrência da embriogenia, e deverá ser projetada para permitir a avaliação direta das funções de aptidão, sem cálculos ou transmissões intermediárias. Bentley e Corne (2011) citam como exemplo que se estamos projetando circuitos, a representação deverá definir redes de componentes conectados; se estamos projetando edifícios, a representação deverá prever a forma externa e/ou paredes internas,

¹³⁰ **Do original em inglês:** “An evolutionary algorithm; A genetic representation; An embryogeny using components; A phenotype representation; Fitness function(s) and/or processing of user input.”

pisos e escadas. (BENTLEY e CORNE, 2011). Mas sobretudo, o critério mais importante e imprescindível é relacionado à capacidade de avaliação. Assim, são as funções de aptidão aquelas responsáveis por fornecer um valor de avaliação para cada solução, o que muitas vezes não é uma tarefa fácil, em função de que em sistemas parametrizados, os resultados podem ser caóticos, por assim dizer, em função das aleatoriedades implicadas no processo.

Nos parece importante destacar, é que estes sistemas estão sendo usados para fornecer possibilidades criativas durante o processo. A programação pode ajudar a otimizar os processos de projeto em arquitetura, possibilitando uma grande variedade de soluções para serem experimentadas e testadas em tempo real. Os projetistas cada vez mais se veem apoiados por uma série de instrumentos e processos que fornecem possibilidades de melhorar e otimizar a performance dos projetos. Sabemos que esta comunicação entre o projetista e ele mesmo, e entre ele e outras pessoas, pode ser mediada digitalmente e deste modo, exploramos até aqui a possibilidade ligada a algoritmos com a influência direta da biologia e da genética. Existem outras possibilidades, como a que analisaremos a seguir, que explora questões ligadas à linguagem como elemento estruturador da programação, gerando gramáticas e vocabulários como estratégias de projeto e de produção arquitetônica.

2.6. Gramáticas da Forma (*Shape Grammars*)

Segundo Knight¹³¹ (1991), Gramáticas da Forma (*Shape Grammars*) que geram linguagens de projetos, têm sido usados amplamente ao longo dos últimos anos para descrever e compreender a diversidade de estilos arquitetônicos e outros de projetos. De acordo com a autora, estas gramáticas foram desenvolvidas para abordar duas questões fundamentais no

¹³¹ **Terry Knight** ingressou na faculdade (MIT), em 1996, depois de ensinar na Universidade da Califórnia, em Los Angeles no início de 1988. Ela realiza pesquisas e ensina na área de design computacional, com ênfase na teoria e aplicação de gramáticas da forma. Seu livro, *Transformations in Design*, é uma introdução bem conhecida no campo da gramática da forma. Sua pesquisa recente inclui o trabalho em gramáticas físico-visuais: sistemas de montagem, baseados em regras; montagem de edifícios customizáveis que apoiam a sustentabilidade cultural, através da incorporação de padrões vernáculos e recursos locais. Ela também está explorando a incorporação de aspectos sensoriais do design, além do visual, em gramáticas. **Do original em Inglês:** “Terry Knight joined the faculty (MIT) in 1996, after teaching at the University of California, Los Angeles beginning in 1988. She conducts research and teaches in the area of computational design, with an emphasis on the theory and application of shape grammars. Her book, *Transformations in Design*, is a well-known introduction to the field of shape grammars. Her recent research includes work on visual-physical grammars: rule-based, customizable building assembly systems that support cultural sustainability through the incorporation of vernacular patterns and local resources. She is also exploring the incorporation of sensory aspects of design, beyond the visual, into grammars.” Fonte: <http://architecture.mit.edu/faculty/terry-knight>. Acesso em 08/08/2014.

projeto: 1. A análise de estilos contemporâneos ou históricos de projetos, e 2. A síntese ou a criação de estilos completamente novos e originais de projetos

Para nossa pesquisa, nos interessa em especial a segunda questão, na qual o foco no objeto de estudo concentra-se nos processos criativos e generativos que as Gramáticas da Formas proporcionam, uma vez que esta se baseia tanto em princípios relacionados à questão da Emergência (KNIGHT 2003), como em um modo de operar fundamentado em vocabulários, regras e conjuntos de instruções que constituem a lógica algorítmica.

Uma vez que projetos baseados em algoritmos surgiram através da aplicação de um conjunto de técnicas geométricas distintas, a linguagem contemporânea da forma tornou-se um emaranhado díspar de geometrias com assinaturas topológicas únicas e muito características, instanciado coletivamente no espaço, mas desconectado de qualquer estrutura unificadora, conforme apontam Shelden¹³² e Witt¹³³. (SHELDEN e WITT, 2014).

Os autores apontam que, até a época atual, a Arquitetura baseava-se em princípios ontológicos dos sistemas Euclideano e Cartesiano, e que porém, a partir de uma compreensão da complexidade, estes sistemas não mais dão conta de explicar fenômenos como geometrias não-Euclidianas, fractais e procedimentos paramétricos, por exemplo.

¹³² **Dennis R. Shelden** é Professor Associado da Prática em Design e Computação no MIT, e fundador e Diretor de Tecnologia da Gehry Technologies. Shelden estudou arquitetura, engenharia e computação no MIT, tornando-se bacharel em Arte e Design, em 1988, mestre em Engenharia Civil e Ambiental, em 1997, e doutor em Computação e Design, em 2002. **Do original em Inglês:** *"Dennis R. Shelden is Associate Professor of the Practice in Design and Computation at MIT, and a Founder and Chief Technology Officer of Gehry Technologies. Shelden studied architecture, engineering and computing at MIT, receiving a Bachelor of Science in Art and Design in 1988, a Master of Science in Civil and Environmental Engineering in 1997, and a Ph. D. in Computation and Design in 2002."* Fonte: <http://architecture.mit.edu/faculty/dennis-shelden>. Acesso em 08/08/2014.

¹³³ **Andrew Witt** é um designer atualmente com sede em Los Angeles, Califórnia. Atualmente é Diretor de Pesquisa da Gehry Technologies (GT). Anteriormente, ele foi diretor da GT Paris, França escritório, onde ele consultou no design paramétrico, abordagens geométricas, novas tecnologias e práticas integradas para clientes como Gehry Partners, Ateliers Jean Nouvel, UN Studio, e Coop Himmelb(l)au. **Do original em Inglês:** *"Andrew Witt is a designer currently based in Los Angeles, California. He is currently Director of Research at Gehry Technologies (GT). He was previously a director at GT's Paris, France office, where he consulted on parametric design, geometric approaches, new technologies, and integrated practice for clients including Gehry Partners, Ateliers Jean Nouvel, UN Studio, and Coop Himmelb(l)au."* Fonte: <http://www.gsd.harvard.edu/#/people/andrew-witt.html>. Acesso em 08/08/2014.

A Teoria das Gramáticas da Forma, como proposta por Stiny¹³⁴ e Gips¹³⁵ (1972), fornece um contraponto importante a essa visão persuasiva de projeto da forma como ocupação de topologia. Este trabalho recoloca a forma ao longo do espaço, e reestabelece um sistema axiomático da forma como uma topologia algébrica de formas e suas partes. Tal como acontece com os elementos euclidianos, as gramáticas da forma fornecem um sistema completo de descrição de forma cujo encerramento é independente de qualquer espaço de contenção.

Embora grande parte da aplicação deste sistema esteja voltada para o desenvolvimento de gramáticas de substituição ou transformações euclidianas implicitamente implantadas no contexto de um meio espacial euclidiano, as Gramáticas da Forma vêm demonstrando aplicabilidade a problemas envolvendo elementos não-Euclidianos e suas transformações (Figura 64):

FIGURA 64: ESQUEMAS DA LINGUAGEM PRODUZIDA PELA GRAMÁTICA DA FORMA
FONTE: MITCHELL, 2008. P.186

¹³⁴ **George Stiny** é um designer e teórico americano da computação. Ele co-criou o conceito de gramáticas. Stiny foi educado no MIT e UCLA. Lecionou na Universidade de Sydney, no Royal College of Art (Londres), e na *Open University*. Foi docente na Universidade da Califórnia durante quinze anos antes de ingressar no Departamento de Arquitetura do MIT em 1996. **Do original em Inglês:** “George Stiny is an American designer and computation theorist. He co-created the concept of shape grammars. Stiny was educated at MIT and UCLA. He has taught at the University of Sydney, the Royal College of Art (London), and the Open University. He was faculty at UCLA for fifteen years before joining the MIT Department of Architecture in 1996.” Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/George_Stiny. Acesso em: 08/08/2014.

¹³⁵ **James Gips** foi Professor Visitante no MIT Media Lab durante o semestre da primavera de 2004. Antes de ingressar na Boston College, trabalhou no Departamento de Biomatemática na UCLA e no Laboratório de Psicofisiologia dos Institutos Nacionais de Saúde em Bethesda. Ele possui um Doutorado em Ciência da Computação pela Universidade de Stanford e um S.B. no MIT. **Do original em Inglês:** “James Gips was a Visiting Professor at the MIT Media Lab during Spring semester 2004. Prior to joining Boston College he worked at the Department of Biomathematics at UCLA and at the Psychophysiology Laboratory at the National Institutes of Health in Bethesda. He received a Ph.D. in Computer Science from Stanford and an S.B. from MIT.” Fonte: <http://www.bc.edu/content/bc/schools/csom/faculty/bios/gips.html>. Acesso em 08/08/2014.

O arquiteto William Mitchell¹³⁶ (2008) apresenta conceitos importantes e detalha alguns procedimentos contidos na teoria das Gramáticas da Forma relacionados a como operá-la de um ponto de vista projetual, que são fundamentais para a sua compreensão.

A primeira definição que merece destaque é justamente a de operador. Segundo o autor, “um operador é uma função que, ao ser aplicada, resulta em um novo estado do mundo projetual.” (MITCHELL, 2008 p. 121).

Uma operação projetual gera, portanto, um encadeamento de fatos e dependendo das operações ocorridas, os resultados relacionados a este fato se tornam verdadeiros ou falsos. Simplisticamente, pode-se afirmar que aqueles que são verificados, sobrevivem à sua aplicação gerando efeitos e consequências lógicas.

Outra definição importante para a compreensão da transição entre formas representadas pelo método do desenho à mão e a geração de formas em ambientes digitais a partir de comandos realizados nos *software*, é o “instanciamento” de formas.

Arquitetos e outros projetistas costumam começar o projeto instanciando formas primitivas como retas, arcos, splines, círculos, polígonos, e assim por diante. É possível especificar uma operação de instanciamento (a um desenhista ou a um computador) utilizando verbos no imperativo em uma linguagem crítica. Por exemplo, um comando que insere uma linha reta poderia ser escrito da seguinte maneira: instancie linha. De modo mais conciso, podemos escrever simplesmente: linha. (MITCHELL, 2008 p. 122).

O autor acrescenta ainda que para tornar-se mais completo, o instanciamento poderia incluir a posição da linha adicionando parâmetros. Ex: linha (X,Y,Teta, Comprimento). Complementa também, que a operação inversa ao instanciamento é a remoção do objeto do mundo projetual, como quando por exemplo, apagamos ou deletamos um desenho ou registro da estrutura de dados de um determinado sistema. (MITCHELL, 2008 p. 121-122).

Mitchell (2008) apresenta uma terceira e fundamental definição, que é a “transformação”, caracterizada por efetuar operações para modificar uma instância de algum tipo. Segundo ele, uma transformação pode ser destrutiva ou preservativa, dependendo do modo como opera no objeto e de suas consequências. Existem vários tipos de transformações, como por exemplo, transformação de escala, estiramento (*stretch*), espelhamento, rotação e translação. Cada uma

¹³⁶ **William Mitchell** é arquiteto, professor de Arquitetura e artes e ciências das mídias e diretor do grupo de pesquisa Smart Cities do Media Lab. Mitchell foi diretor da School of Architecture and Planning do MIT por dez anos, tendo lecionado também em Harvard, UCLA, Yale, Carnegie-Mellon, University of Virginia e Cambridge University. Fonte: Mitchell 2008.

delas realiza uma operação e produz consequências, que podem ser aplicadas, inclusive, de modo sequencial e sucessivo. Um conjunto de transformações pode gerar uma classe de possibilidades de projeto de modo a gerar um repertório. Segundo Mitchell,

Um universo de possibilidades de projeto pode ser especificado por meio da definição de um vocabulário de tipos de formas e de uma classe de projeto. Para um dado vocabulário, a escolha sucessiva de classes mais genéricas de transformações resulta em universos cada vez maiores, encapsulados um dentro do outro. (MITCHELL, 2008 p. 131).

Deste modo, é possível imaginar que este conjunto de transformações e seus possíveis encapsulamentos consequentemente gerassem, o que destacamos como a quarta definição proposta por Mitchell, as combinações.

Combinações utilizam transformações binárias, combinando duas coisas para gerar uma terceira, são várias as ferramentas para possibilitar estas operações, como por exemplo, união, subtração, intersecção, etc.

Neste momento, é preciso considerar a quinta definição proposta por Mitchell (2008) e que de certo modo, torna as possibilidades de operações do conjunto de vocabulários possíveis mais flexíveis, a substituição. Uma informação de uma estrutura ou forma, pode ser novamente descrita e estar no lugar da anterior. Esta operação remete ao conceito de signo, em Peirce. De alguma coisa que está no lugar de outra, a representá-la. A substituição também a apresenta a característica de ir diminuindo o nível de ambiguidades a medida que um maior número de substituições vai ocorrendo, permitindo maior precisão em um sentido lógico, por assim dizer.

Isto nos leva à sexta e última definição apresentada pelo autor, que é a álgebra aplicada como método projetivo. A partir de instanciamentos, transformações e combinações é possível que se crie uma composição. Mas, segundo Mitchell (2011), é a partir de uma álgebra projetual que se pode operar o conjunto de todas estas coisas, podendo-se ir de um estado para outro, explorando plenamente este mundo projetual.

De maneira ainda mais rigorosa, diríamos que uma álgebra projetual é um trio $\langle V, T, C \rangle$, em que V é um vocabulário de formas que podem ser instanciadas no mundo projetual, T é um repertório de operadores de transformações de formas e C é um repertório de operadores de combinações de formas. O conjunto portador desta álgebra, chamado de V^ , é composto por todas as formas que podem ser produzidas pelo instanciamento do vocabulário, regras de transformação e regras de combinação. (MITCHELL, 2008 p. 140).*

Assim, Mitchell (2011) conclui que um mundo projetual é caracterizado fundamentalmente por seu vocabulário de formas e seus operadores e que de maneira exploratória, é possível criar-se um amplo conjunto de formas possíveis.

De modo complementar, apresentamos o conceito de Terry Knight, que resume bem a ideia central das Gramáticas da Forma e de seu pensamento algorítmico:

“[...] gramáticas da forma são sistemas computacionais visuais, por isso eles são diferentes de programas de computador nos quais as regras são expressas graficamente ou espacialmente; (Nas gramáticas da forma) elas são desenhadas ou modeladas. Então, elas não são como programas de computador, que são linhas de código. Mas elas são semelhantes aos programas de computador porque Gramáticas da Forma são algoritmos e programas de computador são algoritmos.” (KNIGHT 2003, p. 01. Tradução nossa¹³⁷.)

Knight (2003) acrescenta que as Gramáticas da Forma são ferramentas que, quando aliadas à computação, possibilitam outros modos de se chegar a projetos novos e originais. Segundo a autora, algoritmos em geral são uma boa maneira de descrever o conhecimento, pois são descrições dinâmicas. A autora faz referência ainda a uma receita de bolo, onde você não está apenas dizendo como algo é ou quais são os seus ingredientes, mas fornecendo uma descrição do passo a passo, ou do processo, pois uma maneira de descrever precisamente um bolo é dizer como fazê-lo. Esta poderia ser uma definição bastante resumida de um algoritmo: receita.

2.7. Estado da Arte: processos generativos e experimentações com bio-inspiração

Apesar de existirem muitas experimentações envolvendo inspirações biológicas em arquitetura sendo realizadas por pesquisadores e grupos de pesquisa em todo o mundo, a grande maioria delas ainda é restrita aos ambientes digitais. Especialmente nas possíveis relações vislumbradas entre os laboratórios genéticos e os canteiros de obra, os recursos são escassos, o que torna o processo de integração entre os campos de conhecimento ainda mais lento. Isso se dá principalmente pelas prioridades estabelecidas por empresas patrocinadoras que buscam retorno mais imediato para seus investimentos, somando-se o fato de que o pouco que é investido na maioria das vezes fica restrito ao nicho de mercado nas quais estas empresas estão diretamente inseridas. Para completar o cenário de dificuldades, a pequena quantidade de órgãos públicos de financiamento existentes, sobretudo em regiões mais afastadas dos grandes centros onde supostamente se produz a chamada tecnologia de ponta.

¹³⁷ **Do original em Inglês:** “[...] shape grammars are visual computational systems, so they’re different from computer programs in that the rules are expressed graphically or spatially; they’re drawn or modeled. So they’re not like computer programs, which are lines of code. But they’re similar to computer programs because shape grammars are algorithms, and computer programs are algorithms.”

O quadro atual é de um processo ainda no começo de seu desenvolvimento, porém a longo prazo, a genética apresenta um campo muito promissor a ser compartilhado com a Arquitetura e suas buscas por evolução. Do mesmo modo as questões relacionadas à inspiração bio-digital apresentam alternativas muito interessantes quando observadas em um cenário global de busca por sustentabilidade ecológica e a produção de ambientes construídos com menos impacto nos recursos naturais. Porém o custo de uma investigação científica envolvendo genética, em uma instância prática, ainda é extremamente elevado para a grande maioria de instituições de ensino e pesquisa.

A responsividade e a interatividade em sistemas arquitetônicos representam um grande potencial de trocas entre sistemas, como visto anteriormente. Se os recursos e matrizes energéticos adquirirem autonomia, a exemplo do que ocorre em muitos sistemas naturais, estaremos – aí sim – em direção à uma arquitetura realmente condizente com as demandas do século XXI, especialmente em se tratando da preservação das condições de manutenção da *Umwelt* humana e a consequente permanência da raça humana no planeta por um período mais longo.

Imagina-se que seja improvável que tenhamos no futuro um sistema planetário energeticamente sustentável exclusivamente a partir de uma sociedade robotizada. Porém a biologia e a genética apontam para soluções que podem somar-se a esta estratégia de integração entre homens e máquinas, promovendo também certos níveis de hibridismo entre as máquinas e a natureza, como propõe a crítica metáfora do filme Avatar, de James Cameron (Figura 65).

FIGURA 65: AVATAR, O FILME.
FONTE: <http://www.avatarmovie.com/images.html#6>

Não somente a emergência e a auto-organização dos sistemas são fundamentais para a evolução, como também a auto reprodução dos elementos que compõem os sistemas e que darão origem a novos sistemas.

Conforme afirma o arquiteto e pesquisador Alberto Estevez, hoje já podemos atravessar a fronteira e descer a um nível de ação molecular, afetando até mesmo a concepção genética, em cadeias de programação que, em seguida, desenvolvem em seus próprios elementos vivos naturais. Isto também implica em uma possível comparação direta com o mundo cibernético-digital: também se pode pensar em projetos de cadeias de programação que, em seguida, desenvolvem por si mesmas, elementos artificiais. (ESTEVEZ, 2003).

A seguir, logo abaixo, com o objetivo de criar um contexto ou sistema a ser observado, propomos em um primeiro momento, apenas a título de ilustração, a observação de alguns projetos. Estas recentes experimentações apontam caminhos percorridos e sinalizam outros caminhos possíveis, os quais definem sob muitos aspectos o estado da arte em relação a arquiteturas que se utilizam de processos generativos com inspiração biológica, assim como a partir de algoritmos genéticos evolutivos. Na sequência passaremos à análise de alguns projetos, como estudos de caso, conforme será explicado oportunamente.

FIGURAS 66 E 67: PAVILHÃO EXPERIMENTAL | MARC FORNES AND THEVERYMANY | BORDEN PARK | THE EDMONTON ARTS COUNCIL | EDMONTON, CANADA | EM ANDAMENTO.

Fonte: <http://theverymany.com/>

FIGURAS 68 E 69: BLOOM | ALISA ANDRASEK E JOSE SANCHEZ | JOGOS OLÍMPICOS DE LONDRES | LONDRES 2012.

Fonte: <http://www.archdaily.com.br/br/01-72856/bloom-alisa-andrasek-mais-jose-sanchez>

FIGURAS 70 E 71: YEOSU OCEANIC PAVILION | EMERGENT ARCHITECTURE + KOKKUGIA | YEOSU EXPO 2010 KOREA.

Fonte: <http://www.evolo.us/architecture/oceanic-pavilion-by-emergent-and-kokkugia-for-yeosu-2012-expo/>.

FIGURAS 72 E 73: SAND BABEL: SOLAR-POWERED 3D PRINTED TOWER | HONORABLE MENTION 2014 SKYSCRAPER COMPETITION | QIU SONG, KANG PENGFEI, BAI YING, REN NUOYA, GUO SHEN | CHINA

Fonte: <http://www.evolo.us/competition/sand-babel-solar-powered-3d-printed-tower/>

FIGURAS 74 E 75: STUCK TOGETHER PIECES | MONAD STUDIO (ERIC GOLDEMBERG & VERONICA ZALCBERG) | MIAMI USA 2014

Fonte: <http://www.suckerpunchdaily.com/2014/04/04/stuck-together-pieces/#more-35822>

FIGURA 66:

FIGURA 67:

FIGURA 68:

FIGURA 69:

FIGURA 70:

FIGURA 71:

FIGURA 72:

FIGURA 73:

FIGURA 74:

FIGURA 75:

2.8. Análise de projetos: base metodológica e critérios

Estevez (2009) propõe um conceito que estabelece a Arquitetura Biodigital como resultante de uma fusão entre Genética e Cibernética, a partir da qual as técnicas, tanto biológicas quanto digitais podem apresentar suporte para o desenvolvimento de outras arquiteturas. O autor apresenta uma tabela onde estabelece resumidamente alguns recortes e critérios gerais para o melhor entendimento e para a análise de projetos em arquitetura, cruzando tipos de sistemas utilizados como os contextos cronológicos e o pensamento predominante no período (Figura 76).

	Pasado clásico	Presente moderno	Futuro biodigital
<i>cronología</i>	...hasta el siglo XIX	siglo XX (y hasta hoy)	desde el siglo XXI...
<i>sistema formal</i>	verticalizante	horizontalizante	organicizante
<i>sistema estructural</i>	estructuras a compresión	estructuras a tracción	estructuras vivas (naturales y/o digitales)
<i>sistema material</i>	piedra, ladrillo, madera	hormigón, acero, plástico	ADN natural (vegetal, carne y hueso) y/o software digital
<i>sistema procesual o sistema de producción</i>	producción a mano, una a una, de piezas todas distintas	producción a máquina, automatizada, en series de piezas iguales	crecimiento natural y/o producción a máquina, robotizada, de piezas distintas

FIGURA 76: FRAMEWORK. ESTEVEZ

FONTE: ESTEVEZ, 2009.

Utilizaremos metodologicamente a tabela proposta por Estevez como base para realizar a análise de alguns experimentos relacionados a experimentações envolvendo processos digitais relacionados à bio-inspiração e a procedimentos generativos. Algumas adaptações serão realizadas, especialmente no que diz respeito à atualização dos critérios de análise, em função dos próprios objetivos, especificidades e recortes da pesquisa.

Para manter a possibilidade de comparação com a análise realizada no capítulo 1, recortaremos de modo mais específico o item “sistema processual ou sistema de produção” para “paramétrico ou algorítmico”, além de não levarmos em consideração a proposta de verificação cronológica, em função de haveremos optado por uma análise sincrônica, conforme declarado anteriormente.

Assim, segue-se inicialmente considerações sobre as principais características dos projetos e do pensamento dos autores selecionados, assim como os aspectos mais relevantes, dentro de nossos interesses e objetivos.

atenderia cerca de quatrocentas pessoas, isto em uma época em que as famílias costumavam ter muitos filhos. (CARANDELL, 2005).

FIGURA 79: PARK GÜELL
FONTE: AUTOR, 2013.

No universo simbólico e lúdico proposto por Gaudí em muitos elementos dos parque, as referências à natureza se fazem presentes em alusões à árvores e flores das mais variadas formas, ao sol e à lua, à serpentes e até mesmo à elefantes (Figuras 80 e 81).

FIGURA 80: GARAGEM
FONTE: CARANDELL, 2005.

FIGURA 81: MOSAICO
FONTE: AUTOR, 2013

De um modo ainda analógico, por assim dizer, Gaudí foi um precursor em muitos aspectos de uma estratégia de inspiração biológica, trabalhando não apenas com questões diretamente relacionadas à forma dos objetos e volumes arquitetônicos, mas sobretudo com metáforas relacionadas ao comportamento da natureza e também questões de natureza estrutural nas edificações. Mais do que um local de permanência, objetivando o deleite e o aproveitamento das áreas propostas, o Parque Güell é um espaço de descobertas, que são experienciadas

livremente, em um sistema projetado para que uma grande variação de possibilidades pudessem ocorrer, conforme destacado anteriormente.

2.9.2. Virtual House

Localização: Competição para uma casa virtual

Ano: 1997

Status: Projeto

Autor: Peter Eisenman

Segundo Carpo (2013), Peter Eisenman¹³⁸ inaugurou o discurso digital na arquitetura nos anos 1990, realizando uma espécie de transição entre o Deconstrutivismo e a primeira era de projeto digital. Suas preocupações em discutir e em compreender os fenômenos relacionados à eletrônica e à mediação digital, assim como a referência ao conceito deleuziano do *fold* (dobra) e de como isso poderia afetar os processos de projeto, demonstram claramente sua busca pela ampliação dos paradigmas da arquitetura contemporânea.

Moneo¹³⁹ (2008) destaca que o trabalho de Peter Eisenman já representara uma mudança significativa no processos de concepção arquitetônica, especialmente ao longo das décadas 1970-1980, apresentando uma proposta que visava isolar a arquitetura de qualquer tipo de “contaminação” funcional em relação aos seus próprios condicionantes e ampliar as possibilidades de criação a partir de um estudo exaustivo na busca de princípios formais e da solução dos problemas implicados pela construção.

O que ocorreu, na verdade, em consequência disso, foi o desenvolvimento de uma teoria arquitetônica da linguagem, referenciada pelo trabalho de Noam Chomsky¹⁴⁰, e que acabou por

¹³⁸ **Peter Eisenman** (Newark, 11 de agosto de 1932) é um arquiteto e teórico da arquitetura norte-americano, um dos principais representantes do deconstrutivismo. A partir de 1967, começa a fazer diversas pesquisas nos projetos das casas I a XI, experimentando assim diferentes metodologias compositivas, das quais a principal, é a trama ou espécie de grade cartesiana, que até hoje utiliza para compor volumetria e dividir seus espaços. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Peter_Eisenman. Acesso em 16/08/2014.

¹³⁹ **José Rafael Moneo Vallés** (nascido em 09 maio de 1937) é um arquiteto espanhol. Ele ganhou o Prêmio Pritzker de arquitetura em 1996 e do RIBA Medalha de Ouro Real de 2003. **Do original em Inglês:** “José Rafael Moneo Vallés (born 9 May 1937) is a Spanish architect. He won the Pritzker Prize for architecture in 1996 and the RIBA Royal Gold Medal in 2003.” Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Rafael_Moneo. Acesso em 16/08/2014.

¹⁴⁰ **Avram Noam Chomsky** (Filadélfia, 7 de dezembro de 1928) é um linguista, filósofo e ativista político norte-americano, professor de Linguística no Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Seu nome está associado à criação da gramática ge(ne)rativa transformacional. É também o autor de trabalhos fundamentais sobre as propriedades

apresentar uma produção consistente, especialmente a sequência de onze casas, na qual a arquitetura era entendida como uma manifestação e o desenvolvimento da “linguagem como algo submetido a leis estruturais imanentes e capazes de explicar sua evolução.” (MONEO, 2008 p.139).

A relevância destas onze casas de Eisenman se dá especialmente pela exemplificação de uma espécie de programação já com princípios algorítmicos em sua essência, e que se relacionam diretamente com as Gramáticas da Forma. Porém, escolhemos para análise outro projeto, a *Virtual House*, ou Casa Virtual, apresentado para um concurso em 1997, por acreditarmos que o mesmo é uma evolução das estratégias inicialmente aplicadas na sequência das onze casas, tanto do ponto de vista da própria gramática utilizada, como de suas regras e o modo como operam no ambiente digital, gerando conseqüentemente, mais complexidade. (Figura 83).

FIGURA 83: GERAÇÃO A PARTIR DA GRAMÁTICA
FONTE: GALOFARO, 1999

De acordo com Galofaro¹⁴¹ (1999), a casa tem origem em nove cubos que se constituem em um campo potencial de relações virtuais. Cada vetor deforma uma linha da grade e as próprias linhas se tornam forças em movimento que interagem umas com as outras (Figura 84).

matemáticas das linguagens formais, sendo o seu nome associado à chamada Hierarquia de Chomsky. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Noam_Chomsky. Acesso em 16/08/2014.

¹⁴¹ **Luca Galofaro** (Roma, 1965) arquiteto, é um membro da IAN+, uma plataforma multidisciplinar dedicado a ambos os projetos, tais como ensino, publicações de arquitetura e exposições, na busca de uma ligação entre a teoria e a prática. Ele é o autor dos livros: "Concorso per il Chicago Tribune", "Digital Eisenman. An Office of the Electronic Era", "IAN+" e "Eero Saarinen. La forma della tecnologia". **Do original em Espanhol:** "Luca Galofaro (Roma, 1965) arquitecto, es miembro de IAN+, una plataforma multidisciplinar dedicada tanto a los proyectos, como a la docencia, las publicaciones de arquitectura y las exposiciones, en la búsqueda de una articulación entre la teoría y la práctica profesional. Es autor de los libros: "Concorso per il Chicago Tribune", "Digital Eisenman. An Office of the Electronic Era", "IAN+" y "Eero Saarinen. La forma della tecnologia." Fonte: <http://ggili.com.br/pt/autores/luca-galofaro>. Acesso em 16/08/2014.

FIGURA 84: VIRTUAL HOUSE
FONTE: GALOFARO (1999)

Ainda segundo Galofaro (1999), da relação entre os vetores e de operações aplicadas a eles, uma condição espacial completamente nova é criada, com infinitas variações (Figura 85).

FIGURA 85: VIRTUAL HOUSE
FONTE: GALOFARO (1999)

O layout das linhas em movimento se torna o ambiente físico do espaço em movimento. O processo pode se repetir infinitamente, mas o número de repetições é fixado por regras, a priori. (GALOFARO, 1999. p. 62-64.)

Nos parece que emerge no projeto o discurso apresentado no artigo intitulado *Desdobramento de visões: Arquitetura na era da mídia eletrônica*¹⁴², de 1992, onde Eisenman afirma: “A fim de alterar a relação da projeção em perspectiva de um espaço tridimensional, é necessário alterar

¹⁴² Do original em Inglês: Visions Unfolding: Architecture in the Age of Eletronic Media.

a relação entre o desenho do projeto e espaço real.” (EISENMAN 1992 apud CARPO 2013 p.19. Tradução nossa¹⁴³).

Percebe-se que a evolução da representação denota a própria evolução do processo de projeto, onde começa a não mais fazer sentido apresentação de cortes e fachadas, por exemplo, como ocorriam nas onze casas anteriormente, mas novas significações são introduzidas para além do desenho deslocando a experiência do grid para outros espaços qualitativos, como por exemplo, o que Deleuze chamava de “espaço suave”¹⁴⁴.

O projeto também reflete a preocupação de Eisenman com a questão da singularidade, e podemos especular que, sob certo aspecto, já demonstrava o prenúncio da possibilidade de se realizar uma arquitetura personalizada e ao mesmo tempo produzida em série, salvaguardadas as informações e instruções que possibilitariam sua produção futura.

2.9.3. D-Tower

Localização: Doetinchem, Holanda.

Ano: 1999-2004

Status: Projeto e obra executada

Autor: NOX (Lars Spuybroek¹⁴⁵)

A D-Tower (Figura 87) é um híbrido de diferentes meios de comunicação, no qual a arquitetura torna-se parte de um sistema interativo mais amplo de relacionamentos (DUNN 2012). O projeto D-Tower é composto por uma estrutura física (a própria torre), um questionário e um website, e todos os três são interligados um ao outro.

¹⁴³ **Do original em Inglês:** “In order to change the relationship of perspectival projection to three-dimensional space it is necessary to change the relationship between project drawing and real space.”

¹⁴⁴ **Do original em Inglês:** “smooth space”. Tradução nossa.

¹⁴⁵ **Lars Spuybroek** (nascido em 16 de setembro de 1959, Rotterdam) é um arquiteto holandês, artista e autor. Graduou-se cum laude na Universidade Delft Técnico em 1989, um ano depois, ele ganhou o Archiprix por sua Palazzo Pensile, um novo palácio real para a rainha Beatrix, em Roterdão. **Do original em Inglês:** “Lars Spuybroek (born September 16, 1959, Rotterdam) is a Dutch architect, artist and author. He graduated cum laude at the Technical University Delft in 1989. A year later, he won the Archiprix for his Palazzo Pensile, a new royal palace for Queen Beatrix in Rotterdam.” Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Lars_Spuybroek. Acesso em 16/08/2014.

FIGURA 87: D-TOWER
FONTE: DUNN, 2012.

A torre é uma estrutura de 12m de altura, semelhante ao conceito estrutural de uma abóbada gótica, onde colunas e partes da forma formam uma espécie de *continuum*. A proposta para a *D-Tower* é de um projeto onde questões de ordem intensiva, tais como sentimentos, qualidades, e questões de ordem extensiva, como espaço, quantidades, etc., possam trocar papéis. Todos tornam-se entidades conectadas em rede e são declaradas publicamente através da simbologia expressa na torre. A torre se conecta a um site, que recebe e processa as respostas dos habitantes em relação a um questionário proposto, e interpreta as sensações a partir dos pesquisados manifestando seu estado de humor através de quatro cores (Figura 88):

FIGURA 88: CORES DA D-TOWER
FONTE: DUNN, 2012.

De acordo com seus autores, a geometria complexa da torre é desenvolvida para fazer alusão a um coração humano batendo. Cada emoção é simbolizada por uma cor: vermelho para amor, azul para felicidade, amarelo para medo e verde para ódio. Diariamente, a *D-Tower* calcula a emoção dominante, baseada nas respostas recebidas dos participantes (apenas moradores locais que necessitam cadastrar seu CEP). Assim, todas as noites, o computador conclui a partir das respostas, quais as emoções mais intensamente sentidas naquele dia e acende a *D-Tower* com a cor correspondente.

2.9.4. BlobWall pavilion

Localização: Los Angeles, USA.

Ano: 2006-2008

Status: Projeto e obra executada, em exposição no Museu de Arte Contemporânea de Los Angeles.

Autor: Greg Lynn

Em 1993, Greg Lynn¹⁴⁶ apresentava o conceito de Curvilinearidade na Arquitetura (*Architectural Curvilinearity*) e discutia ideias sobre novas formas e superfície, as quais foram denominadas em função de suas características e propriedades físicas, como por exemplo, o dobrado, o maleável e o flexível¹⁴⁷. Lynn também cunhou o termo *blob* (ou gota, em português), poli superfícies isomórficas baseadas no estudo da topologia e das continuas transformações a que são sucessíveis estas estruturas superficiais.

O projeto BlobWall (Figura 90) parte do conceito do *blob* e consiste em uma releitura da unidade de arquitetura mais básica edifício - o tijolo. Elementos coloridos modulares de plástico leve são personalizados utilizando-se a tecnologia CNC para sua fabricação digital. O sistema de paredes

¹⁴⁶ **Greg Lynn** (nascido em 1964 em North Olmsted, OH) é proprietário do escritório FORM Greg Lynn, e professor de arquitetura na *University of Applied Arts Vienna*, professor de estúdio da *UCLA School of the Arts* e arquitetura, e professor visitante da *Yale School of Architecture*. Ele foi o vencedor do Leão de Ouro no 2008 Bienal de Veneza de Arquitetura. **Do original:** “Greg Lynn (born 1964 in North Olmsted, OH) is owner of the Greg Lynn FORM office, and professor of architecture at University of Applied Arts Vienna, a studio professor at the UCLA School of the Arts and Architecture, and visiting professor at the Yale School of Architecture. He was the winner of the Golden Lion at the 2008 Venice Biennale of Architecture.” Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Greg_Lynn. Acesso em 16/08/2014.

¹⁴⁷ **Do original em Inglês:** *the folded, the pliant and the supple*. Tradução nossa.

é construído a partir das unidades autônomas constituídas por um polímero de baixa densidade, reciclável e resistente a impactos.

FIGURA 90: INSTALAÇÃO COM OS BLOBS
FONTE: LYNN, 2009.

A unidade de *blob* (ou tijolo) é oca e sua forma é constituída por três lóbulos que possibilitam múltiplos arranjos de encaixes, sendo produzido em massa por meio de rotomoldagem. Cada parede é montada a partir de unidades de *blobs* ocos modelados digitalmente (Figura 91) e roboticamente cortados (Figura 92), de modo a se interligarem com precisão exata (LYNN, 2009).

FIGURA 91 – POLI SUPERFÍCIE ISOMÓRFICA
FONTE: LYNN, 2009.

FIGURA 92: ROBÔ PRODUZINDO O BLOB
FONTE: LYNN, 2009.

De acordo com Lynn (2009), cada um dos esquemas de cores é composto de uma mistura de gradiente sete cores diferentes de tijolos (Figura 93) e cada uma das unidades possui uma

pequena luminária controlada por computador. Assim à noite, o conjunto assume a característica de um painel tridimensional pixelado, iluminado.

FIGURA 93: VARIAÇÃO DE CORES
FONTE: LYNN, 2009.

Além da questão da releitura do tijolo, proposta pelo autor, nota-se as possibilidades de variação em função da geometria e das cores dos *blobs*, o que gera uma gama de programações e configurações possíveis para o conjunto, a partir da relação da unidade com o todo, em uma espécie vocabulário possível que remete, por sua vez, aos princípios generativos das Gramáticas da Forma.

2.9.5. iSAW

Localização: Varsóvia, Polônia.

Ano: 2007

Status: Projeto

Autor: Kokkugia

Kokkugia é um escritório de arquitetura experimental colaborativo de pesquisa, que explora metodologias de *design* generativo desenvolvidos a partir do comportamento de auto-organização complexa dos sistemas biológicos, sociais e materiais. Desenvolvem uma prática de

rede, liderada pelos arquitetos Roland Snooks e Robert Stuart-Smith¹⁴⁸, com escritórios em Melbourne e Londres, operando através da experimentação de *design*, pesquisa e ensino.¹⁴⁹

Segundo os autores, o projeto iSAW possui uma estratégia algorítmica que entrelaça diferentes programas propondo a remodelação e a hiperdensificação do centro urbano de Varsóvia. O projeto trabalha com noções normativas de figura-fundo e postula uma topologia programática que permite que dois programas mutuamente exclusivos - como um bordel e um mosteiro - coexistam, desconhecendo a presença um do outro. Isso poderia ser previsto com um espessamento das paredes, projetando a subversão de um programa a partir de outro.

A pesquisa em andamento do Kokkugia utilizando a técnica da “espuma molhada”, originalmente desenvolvida para o projeto *Parachute Pavilion*, é continuada neste projeto para criar um gradiente não-linear que engrossa a trama além de um limite que permite que o sólido se torne habitável - o aparecimento de novos espaços internos proporcionado pela expansão (Figura 95).

FIGURA 95: I-SAW
FONTE: www.kokkugia.com

Os dois espaços compartilham uma membrana comum e são, conseqüentemente, mutuamente dependentes, no entanto eles apresentam qualidades espaciais e características de projeto muito diferentes (Figura 96). Os autores argumentam que este não é um projeto ou um objeto comum, mas sim um eventual caso de uma estratégia algorítmica, concebido para a geração de uma arquitetura de preenchimento denso do espaço.

¹⁴⁸ **Robert Stuart-Smith** é também professor convidado para os workshops promovidos pela Architectural Association School of London no Brasil, o AA Visiting School Brazil, e foi um dos responsáveis pelo método de projeto aplicado no Strings Pavilion.

¹⁴⁹ Fonte: www.kokkugia.com

FIGURA 96: I-SAW
FONTE: www.kokkugia.com

A estratégia de projeto do Kokkugia é desenvolver uma arquitetura não-padrão (*Non-standard Architecture*), que emerge a partir da operação de sistemas complexos e de questionamentos feitos às hierarquias estabelecidas que operam dentro da arquitetura. Esta abordagem envolve a codificação de decisões de arquitetura dentro de um sistema distribuído de entidades computacionais autônomas, ou agentes. É a interação desses agentes e suas decisões locais, que auto organiza a intenção do projeto, dando origem a uma forma de inteligência coletiva e comportamento emergente em escala global. Isso permite uma mudança da forma que está sendo imposta a matéria inerte, levando a matéria desempenhar um papel ativo na emergência da forma e na organização.

2.9.6. Taichung Metropolitan Opera House

Localização: Taichung, Taiwan.

Ano: 2009

Status: Projeto e obra executada.

Autor: Toyo Ito

A Casa de Ópera de Toyo Ito¹⁵⁰ para a cidade de Taichung é uma caixa retangular contendo uma superfície contínua, desenvolvida a partir da ideia de um *grid* fluido e solto, de espaços contínuos e infinitos, interrompida por uma caixa delimitadora. Este *grid* solto é fluido o suficiente para se deformar e acomodar os espaços diferenciados do edifício. A forma da superfície é comparada à famílias de superfícies matemáticas que são vistas em outros contextos. Superfícies curvilíneas criam espaços dentro do *grid* de modo contínuo e infinito (Figura 98), os quais poderiam também utilizar cores para ligar e estender volumes separados, interligando ambos os lados de uma superfície contínua.

FIGURA 98: PROJETO DIGITAL: SUPERFÍCIES CURVILÍNEAS
FONTE: MEREDITH, 2009.

O projeto da *Opera House* de Ito tem como premissa inicial uma ideia estrutural e espacial de uma superfície contínua ou um conjunto de superfícies catenóides vinculadas (Figura 99). A catenóide é a única superfície mínima que é também uma superfície de revolução (da curva catenária), e como uma curva catenária de varredura, é também uma superfície significativa estruturalmente. (BURRY e BURRY, 2012).

¹⁵⁰ **Toyo Ito** (Seul, 1 de Junho de 1941) é um arquiteto conhecido por criar arquitetura conceitual, em que ele procura simultaneamente expressar os mundos físico e virtual. Em 2013, Ito foi premiado com o Prêmio Pritzker, um dos mais prestigiados prêmios arquitetura. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Toyo_Ito. Acesso em 16/08/2014.

FIGURA 99: OPERA HOUSE: EXECUÇÃO
FONTE: MEREDITH, 2009.

O protótipo do algoritmo foi desenvolvido inicialmente para a cobertura em forma de concha de concreto para a Estação Central de Arnhem, projetado pelo UNStudio (MEREDITH, 2009). Destaca-se que compor uma superfície complexa de vários patches NURBS individuais, preservando uma transição suave das curvaturas ao longo das costuras ainda é um desafio, mesmo para os *software* atualmente disponíveis (Figura 100).

FIGURA 100: PROTOTIPO
FONTE: MEREDITH, 2009.

Segundo Meredith (2009), o algoritmo de suavização adotado é capaz de descrever a superfície infinita como um único objeto. As transições suaves são asseguradas pelo processo e geradas pela interpolação dos vértices vizinhos. Para obter o controle total sobre o processo e a capacidade de extrair dados específicos durante a execução, o algoritmo foi programado a partir do zero usando o software *Rhinoceros* como interface de visualização.

2.9.7. Knitectonics

Localização: Londres.

Ano: 2011.

Status: Projeto/*Master* desenvolvido na Architectural Association School of London.

Autores: Sanhita Chaturvedi, Esteban Colmenares, Thiago Mundim.

O projeto *Knitectonics* visa explorar sistemas de fabricação digital que facilitem soluções arquitetônicas integradas, otimizadas e adaptativas. Ele é inspirado pela beleza de sistemas naturais e sua inerente eficiência e desempenho. (CHATURVEDI et al. 2011). Segundo os autores da pesquisa, o projeto explorou a fabricação em campo de cascas estruturais únicas, integrando pele e estrutura, juntamente com serviços e infraestrutura, utilizando uma técnica caseira ligada à sabedoria milenar da costura (Figura 102). *Knitectonics* incorpora um micro sistema de texturas e um macro sistema de estruturas, de modo auto organizado.

FIGURA 102: MODELAGEM FÍSICA E DIGITAL
FONTE: CHATURVEDI ET AL. 2011

O processo desenvolvido na elaboração do projeto foi um diálogo paralelo entre experimentos analógicos, realizados utilizando uma máquina de tricô circular caseira e simulações digitais, realizados utilizando linguagem *Java* na plataforma *Processing*. Após a compreensão da máquina, do método e da metáfora do tricô, o desafio foi explorar as possibilidades tectônicas apresentadas pela técnica, resolver o problema de escala como um protótipo arquitetônico (Figura 103) e adaptar o sistema para implantação em um terreno real (CHATURVEDI et al. 2011).

FIGURA 103: PROTÓTIPO

Fonte: Chaturvedi et al. 2011

A técnica de trabalhar com algoritmos generativos foi uma tentativa de gerar uma gama de valiosas soluções arquitetônicas através do sistema mecânico proposto com base na concepção estrutural e na análise do espaço. Interações foram avaliadas em função dos parâmetros da estrutura e do espaço e a elas foi atribuído um valor de aptidão (função de aptidão). Para avaliação estrutural, a aptidão é determinada pelo número de nós idealmente esticados, com um valor com peso positivo e o número de nós com estiramento máximo e nós com estiramento mínimo, com um valor com peso negativo. Estas foram as medidas para se obter o valor de aptidão. Similarmente, para avaliação espacial, a distância dos espaçamentos das células em cada segmento da superfície desde o eixo central, é medido em relação à distância ideal prescrita e, em seguida, em média, em todo o envelope (CHATURVEDI et al. 2011).

De cem iterações, são selecionadas como as melhores, dez iterações com os maiores valores de aptidão estrutural e espacial. Essas dez iterações são acopladas com mais dez iterações geradas da mesma maneira para gerar a prole da segunda geração. Esse processo é repetido por mais dez gerações. Curiosamente, as dez iterações resultantes tendem a ser similares a partir da sétima geração (Figura 104).

FIGURA 104: ALGORITMOS GENERATIVOS
 FONTE: CHATURVEDI, ET AL. 2011.

Como o sistema mecânico é um sistema baseado em tensão e o tricô tem um comportamento de auto-organização, todas as superfícies resultantes criadas são superfícies simplificadas. Porém, as possibilidades de superfícies e geometrias podem ser exploradas para além da família de superfícies simples, eventualmente submetendo-se a malha tricotada a adicionais carregamentos, pressões, estiramentos e deformações.

FIGURA 105: SIMULAÇÃO DIGITAL DE IMPLANTAÇÃO
 FONTE: CHATURVEDI ET AL. 2011

É interessante notar na Figura 105, que a estética é derivada de um aspecto funcional do *design*, o qual por sua vez foi deduzido a partir da lógica técnica do sistema de construção. Assim, o processo de construção é o “DNA da criação” em que buscas quantitativas se tornam qualitativas. (CHATURVEDI et al. 2011).

2.9.8. Silk Pavilion

Localização: Boston, USA.

Ano: 2013

Status: Projeto e obra executada.

Autores: Neri Oxman (diretora), Markus Kayser, Jared Laucks, Carlos David Gonzalez Uribe, Jorge Duro-Royo - **MIT Media Lab**, em colaboração com o Prof. Fiorenzo Omenetto (Universidade TUFTS) e Dr. James Weaver (Instituto WYSS, Universidade de Harvard).

O Pavilhão *Silk* explora a relação entre fabricação digital e biológica do produto e escalas arquitetônicas. A estrutura primária foi criada por uma base de 26 painéis poligonais feitos de fios de seda estabelecidas por uma máquina CNC (Figura 107). Inspirado pela capacidade do bicho da seda para gerar um casulo em 3D a partir de um único fio de seda, a geometria geral do pavilhão foi criada usando um algoritmo que possibilita um único fio possuir continuidade, mas com variações através de manchas que proporcionam vários graus de densidade.

FIGURA 107: PAINÉIS POLIGONAIS

FONTE: <http://www.archdaily.com/384271/silk-pavilion-mit-media-lab/>

A variação geral da densidade foi informada pelo próprio bicho da seda, implantado no processo como uma “impressora” biológica na criação de uma estrutura secundária (Figura 108). Um enxame de 6.500 bichos foi posicionado na borda inferior do andaime com o objetivo de preencher as lacunas de todo o pavilhão com fibras de seda. Após sua fase de produção, os bichos foram removidos. Possivelmente, as traças resultantes podem produzir 1,5 milhões de

ovos com o potencial de construção de até 250 pavilhões adicionais, o que indica uma condição, não só de sustentabilidade, como de viabilidade e desenvolvimento do sistema proposto.

FIGURA 108: BICHOS DA SEDA COMO IMPRESSORAS BIOLÓGICAS
FONTE: <http://www.archdaily.com/384271/silk-pavilion-mit-media-lab/>

Afetados por condições espaciais e ambientais, incluindo a densidade geométrica, bem como avaliação de luz natural e calor, os bichos foram direcionados a migrar para áreas mais escuras e mais densas. Efeitos de luz desejados informaram as variações na organização de material através da superfície da estrutura. Um diagrama de mapeamento do caminho do sol ditou a localização, tamanho e densidade de aberturas na estrutura, a fim de bloquear os raios de luz natural que entram no pavilhão nas elevações sul e leste. O óculo central está localizado contra a elevação Oriente e pode ser utilizado como um relógio de sol (Figura 109).

FIGURA 109: ABERTURAS NA ESTRUTURA
FONTE: <http://www.archdaily.com/384271/silk-pavilion-mit-media-lab/>

Uma pesquisa alternativa em paralelo explorou o uso de bichos como entidades que podem "calcular" a organização do material baseado em critérios de desempenho externos. Mais do que relações de inspiração ou metáforas biológicas, destaca-se neste projeto a própria utilização dos insetos como agentes produtores participativos no processo de projeto.

2.10. Análise comparativa entre os pavilhões analisados

Apresentamos a seguir uma tabela onde os pavilhões são classificados e analisados segundo os seguintes critérios:

1. Uma breve descrição das características mais relevantes e significativas de cada um, segundo nosso critério de observação pessoal, a partir do material acessado.
2. A classificação de acordo com Estevez (2009), definindo se cada pavilhão encaixa-se no modelo de sistemas, formal, estrutural, material e processual (este último em conjunto com o item 3), com as adaptações e reinterpretações que se fizeram necessárias.
3. A indicação de se o pavilhão foi projetado com orientação paramétrica ou algorítmica.

Projeto	Sistema formal/ Linguagem; Bio-inspiração.	Sistema estrutural/ organizacional	Sistema material/ interfaces	Sistema processual (paramétrico ou algorítmico?)
Parc Güell Antoni Gaudi 1900-1924	Metáforas relacionadas à natureza	Estratégia cibernética de implantação do parque	Construções Tradicionais; empilhamento de pedras, mosaicos.	paramétrico
Virtual House Peter Eisenman 2007	Vocabulário; gramática; operações.	Grid 3D onde são realizadas operações, distorções.	Digital	algorítmico
D-Tower NOX 1999-2004	Coração; medusa; patas de girafa.	Vertical; sinalização	Responsividade; Interatividade Visual.	algorítmico
BlobWall Greg Lynn 2006-2008	Bolhas; gotas.	Unidade; relação da parte com o todo.	Livre composição; arranjos; interações.	algorítmico
iSAW Kokkugua 2007	Células	Grid 3D onde são realizadas operações, distorções.	Digital	algorítmico

Taichung Opera House Toyo Ito 2009	Células	Grid 3D onde são realizadas operações, distorções	Modelagem digital de formas de Concreto	algorítmico
Knitectonics Chaturvedi, Colmenares, Mundim. 2011	Tecidos, malhas, texturas;	Simulações genéticas digitais.	Confecção das máquinas e, interação entre as máquinas e produção dos tecidos.	algorítmico
Silk Pavilion Neri Oxman MIT 2013	Bicho-da-seda	Base geodésica	Produção a partir dos próprios bichos. Bio-arquitetura?	algorítmico

Assim como explicitado no capítulo 1, o objetivo desta classificação foi estabelecer alguns parâmetros que pudessem demonstrar de que modo os pavilhões escolhidos para análise possuem semelhanças e diferenças, atualizados de acordo com os critérios adotados a partir de Estevez (2009). É possível perceber na tabela acima, as variações possíveis de utilização de estratégias e tecnologias, e as escolhas de processo realizadas entre procedimentos algorítmicos ou paramétricos, assim como os consequentes resultados formais e espaciais obtidos, em decorrência de cada *performance* executada.

Considerações sobre o Capítulo 2

É válido ainda o estabelecimento do nosso ponto de partida, realizado na introdução da **Parte I**, através do qual procuramos definir inicialmente critérios para abordarmos o objeto de estudo, os processos digitais de projeto, e utilizamos para tal, base teórica a partir de Oxman (2006) e Kotnik (2010), que apresentam modelos satisfatórios e coerentes de classificação. Tratando neste capítulo do pensamento algorítmico, propusemos uma discussão que vislumbra suas possíveis relações com os processos evolutivos da natureza, especialmente com a biologia e com a genética. Parece-nos coerente a ideia de que se desejamos uma arquitetura mais integrada com os ambientes naturais, devemos projetar em direção à performance que é característica dos sistemas naturais.

Introduzimos a noção do conceito de Emergência e discutimos algumas ideias sobre como é possível criar condições para que processos possam emergir, em diferentes contextos, desde os

naturais, até os que se relacionam com nosso objeto de estudo, os projetos de ambientes construídos.

Apresentamos duas teorias muito importantes para a compreensão dos processos algorítmicos em amplo senso e suas relações com a biologia e a genética. A *Umwelt* proposta por Jakob von Uexküll, que discute a noção de entorno significativo dos seres vivos e a *Autopoiésis*, proposta por Maturana e Varela, que define as bases de compreensão de todas as relações sistêmicas e as trocas realizadas entre organismos vivos.

Tratamos também especificamente das questões de inspiração biológica e de como estes processos naturais podem influenciar os processos de gênese digital atualmente desenvolvidos em processos digitais de projeto. Também foi tratada a noção de projeto orientado à performance e a busca pela evolução a partir de processos generativos e algoritmos evolutivos.

Por fim, tratamos de um ponto de vista conceitual as Gramáticas da Forma e estabelecemos algumas relações possíveis com linguagem e programação, dentro de uma abordagem algorítmica.

A todo este desenvolvimento teórico foi apresentado no final um contraponto de ordem mais prática, ligado a exemplos e estudos de caso, onde buscou-se estabelecer um contexto de aplicação de métodos e procedimentos que envolvem sob vários aspectos, o pensamento algorítmico, por assim dizer, analisados sincronicamente. Com o levantamento das teorias discutidas e do estado da arte dos experimentos praticados atualmente, esperamos ter estabelecido um recorte mínimo para o estudo e a aplicação de outras teorias complementares, que fornecem as bases da tese proposta, no sentido de vislumbrar outras estratégias possíveis para processos digitais de projeto.

CAPÍTULO 3
[CIBERNÉTICA + SEMIÓTICA = CIBERSEMIÓTICA]

Introdução

Para definir Cibersemiótica e explicar a sua relevância para os processos digitais de projeto, se faz necessário em primeiro lugar, admitir a capacidade de comunicação e de produção de significados da própria Arquitetura, tanto de um ponto de vista fenomenológico e sistêmico, como enquanto processo criativo e interativo a partir da mediação digital contemporânea. Acreditamos que os processos digitais de projeto, com métodos baseados em abordagens *Paramétricas e Algorítmicas*, favorecem a colaboração criativa e podem ser alimentados por *inputs* sociais, por meio de parâmetros inseridos no sistema, em uma estratégia organizacional de baixo para cima (*bottom-up strategy*).

Conforme apontamos em Alves e Pratschke (2013), este olhar, que evoca uma observação semiótica para além dos significados meramente relacionados às questões formais ou rótulos esteticizantes, pode oferecer uma estratégia diferenciada de atuação dentro do processo de criação. Os processos digitais de projeto encontram-se em amplo desenvolvimento em muitas áreas da produção arquitetônica contemporânea, do *design* de interiores ao desenho urbano de grande escala, e percebe-se em função dessa gama de possibilidades atualmente verificada na prática projetual, que uma de suas maiores qualidades é a sua grande capacidade para articular as mais variadas complexidades.

Em função de nossos estudos iniciados no Mestrado em Estudos de Linguagens na UFMS, dedicamos uma parte deste capítulo ao recorte de alguns dos principais conceitos propostos na Semiótica de Peirce, por entendermos que a observação dos fenômenos e o modo como são representados constituem um ponto de partida para as discussões que envolvem significados presentes diretamente nos processos digitais de projeto. Por conseguinte, o contato e a imersão nos conceitos cibernéticos iniciados com a nossa pesquisa de doutorado no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP, nos levaram a propor que analisemos as possibilidades operacionais da Cibernética e como alguns de seus principais conceitos se mostram extremamente importantes no desenvolvimento de projetos com mediação digital, especialmente no que diz respeito ao ato criativo.

A colaboração entre alguns conceitos e fundamentos cibernéticos e semióticos, levaram a construção de uma ciência transdisciplinar, a Cibersemiótica, proposta pelo filósofo Dinamarquês Søren Brier como um sistema mais amplo e completo, conforme apresentaremos em seguida. O que nos parece importante destacar preliminarmente, sobretudo, é que a

Cibersemiótica pode fornecer uma base teórica relevante para a aproximação e a compreensão do potencial presente em fenômenos contemporâneos, como os que ocorrem nestes outros modos de se criar e projetar que a arquitetura com mediação digital possibilita.

Essa compreensão passa necessariamente pela própria atualização dos processos de significação presentes no processo criativo. A figura abaixo exemplifica um círculo, programado com a utilização dos *software Rhinoceros e Grasshopper*:

FIGURA 110 - REPRESENTAÇÃO DE UM CÍRCULO NO GRASSHOPPER
FONTE: AUTOR, 2014

Conforme estudamos nos capítulos anteriores, métodos paramétricos e algorítmicos nos levam a procedimentos de outra ordem, para além da simples representação pelo desenho, exigindo deste modo, atitudes diferenciadas em relação ao processo de concepção do próprio processo, e conseqüentemente da própria Arquitetura. Na figura acima (figura1) não é possível visualizar a imagem de um círculo na interface do *Grasshopper*, mas é possível perceber que o *script* ou a definição, passa a atuar como seu signo, e uma representação visual será produzida simultaneamente na interface do *Rhinoceros*.

Acreditamos que a Cibersemiótica constitui-se em um desenvolvimento com capacidade de conexão entre muitos conceitos, e que pode apontar outros caminhos e possibilidades relacionados à percepção (a observação), à intencionalidade significativa (a representação), e à organização e controle de desempenho dos sistemas, possíveis de serem estudados e mimetizados a partir dos sistemas biológicos e do comportamento das máquinas (a performance), propondo, portanto, outros olhares e estratégias para processos digitais de projeto.

Iniciaremos, a seguir, um estudo histórico e conceitual envolvendo os principais aspectos da Cibernética e depois, em 3.2, da Semiótica de Peirce, para então nos dedicarmos à tratar, em 3.3, da Cibersemiótica.

3.1. Cibernética: a observação e o controle dos sistemas

No final da década de 1950, Norbert Wiener propôs as bases da teoria Cibernética, com o propósito de estabelecer relações de controle e comunicação entre seres humanos e máquinas. Surge então uma ciência onde a comunicação desempenha um papel importante, na medida em que esta se caracteriza por gerenciar possibilidades e equilibrar sistemas. Sua tese era a de que a sociedade só pode ser compreendida através das possibilidades de comunicação existentes. Para ele, as mensagens entre homens e máquinas, entre máquinas e homens e entre máquinas e máquinas, estavam destinadas a desempenhar um papel cada vez mais importante na sociedade (WIENER, 1954 p. 16).

Podemos afirmar que Cibernética inicia-se em 1948, justamente quando Norbert Wiener publica o livro com o título traduzido em português como “Cibernética”¹⁵¹ no qual tratava das questões da organização como mensagem. Em seu livro posterior, traduzido em português como “Cibernética e Sociedade: o uso humano de seres humanos”¹⁵², o matemático amplia a definição da Cibernética a partir dos mecanismos reguladores de troca entre organismos vivos e ambiente. Influenciado pelos trabalhos de Ludwig Boltzmann¹⁵³, Josiah Gibbs¹⁵⁴ e James Maxwell¹⁵⁵, e seus desenvolvimentos ligados à termodinâmica estatística, Wiener percebeu que a Física Newtoniana, pensamento dominante do final do século XVII até final do século XIX, apresentava certas inconsistências, especialmente ligadas ao determinismo com que se aproximava e descrevia os fenômenos do universo. A partir de uma abordagem que levava em conta a

¹⁵¹ Título original: “Cybernetics”.

¹⁵² Título original: “Cybernetics and Society: the human use of human beings”.

¹⁵³ **Ludwig Eduard Boltzmann** (Viena, 20 de Fevereiro de 1844 - Duino-Aurisina, 5 de Setembro de 1906) foi um físico austríaco, conhecido pelo seu trabalho nos campos da termodinâmica estatística. É considerado junto com Josiah Willard Gibbs e James Clerk Maxwell como o fundador da mecânica estatística. Foi defensor da teoria atômica, numa época em que esta ainda era bem controversa. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Boltzmann. Acesso em 08/08/2014.

¹⁵⁴ **Josiah Willard Gibbs** (New Haven, 11 de fevereiro de 1839 - New Haven, 28 de abril de 1903) foi um físico, químico teórico e matemático estadunidense. Gibbs estudou matemática e ciências naturais na Universidade de New Haven. Em 1863 obteve na Universidade Yale o primeiro doutorado em engenharia de uma universidade dos Estados Unidos.^{2 3} Foi tutor de 1863 a 1866 no Colégio de Yale. Foi então para a Europa, onde prosseguiu seus estudos em Paris, Berlim e Heidelberg. Em 1871 foi professor na Universidade Yale. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Josiah_Willard_Gibbs. Acesso em 08/08/2014.

¹⁵⁵ **James Clerk Maxwell** (Edimburgo, 13 de junho de 1831 — Cambridge, 5 de novembro de 1879) foi um físico e matemático britânico. É mais conhecido por ter dado forma final à teoria moderna do eletromagnetismo, que une a eletricidade, o magnetismo e a óptica. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/James_Clerk_Maxwell. Acesso em 08/08/2014.

estatística, Wiener passou a incorporar em seus estudos, parâmetros como a distribuição probabilística, a incerteza e a entropia, como processos naturais presentes no universo.

Considerava também, que a sociedade só poderia ser totalmente compreendida através do estudo das mensagens e das facilidades de comunicação disponíveis, desta maneira, propôs o conceito de controle, como uma técnica de ajustes nas trocas ocorridas nos processos de comunicação. (WIENER, 1954 p. 17)

Na medida em que visava estabelecer padrões de comunicação e controle entre seres humanos e máquinas, defendia que “o funcionamento físico dos indivíduos vivos e o de algumas máquinas de comunicação mais recentes são exatamente paralelos no esforço análogo de dominar a entropia através da realimentação”. (WIENER, 1954 p.26).

Assim, Wiener inaugura um desencadeamento científico extremamente relevante, envolvendo noções sistêmicas que se relacionam diretamente com processos de auto-organização, e com os conceitos de *Autopoiésis*, equilíbrio e trocas de informação, dentre outros, que influenciaram e continuam a influenciar a maneira como hoje podemos ver o universo de modo mais holístico e imprevisível.

A importância deste olhar cibernético para a história da humanidade no século XX e conseqüentemente para os dias de hoje, é destacada por Lafontaine¹⁵⁶ (2004):

A amplitude do sismo filosófico e epistemológico provocado pela cibernética no seio da cultura ocidental permite que a associemos metaforicamente a um segundo renascimento. Tanto mais que as promessas e potencialidades de que era portadora correspondiam na perfeição ao novo mundo que se instaurava na América do pós-guerra. Contrariamente ao que defende Jean-Pierre Dupuy em 'Aux origines des sciences cognitives', os fundadores da cibernética tinham a plena consciência de estarem a construir uma 'scienza nuova'. Convencido de ter lançado as bases conceituais de um novo edifício científico, Norber Wiener falava explicitamente na sua obra da <<descoberta de uma nova ciência>>. No prefácio que redigiu por ocasião da reedição de Cybernetics, em 1961, reivindicava para a cibernética o estatuto de ciência de pleno direito. A fazer fé no entusiasmo e na efervescência intelectual reinantes na altura das famosas conferências Macy, não subsiste qualquer dúvida quanto à certeza alimentada pelos cibernéticos de estarem a contribuir para a edificação de uma ciência nova, capaz de englobar todos os planos do conhecimento. (LAFONTAINE, 2004 p. 23).

Segundo Lafontaine (2004), existia um clima que indicava a emergência de se compreender a relação entre os sistemas orgânicos e artificiais de um modo diferente, transformando a noção

¹⁵⁶ Céline Lafontaine é doutora em Sociologia pela Universidade de Sorbonne, Paris, e pela Universidade de Montreal, Canadá, onde leciona. Fonte: Lafontaine (2004).

do orgânico a partir da mudança na compreensão do que seria conceitualmente uma máquina computacional, calculadora e comunicativa, enfim, a máquina capaz de raciocinar.

O termo Cibernética se origina da palavra *kubernetes* e que significa “piloto”. Wiener assim descreve: “Daí Cibernética, que derivei da palavra *Kubernetes*, ou piloto. A mesma palavra grega de que eventualmente derivamos nossa palavra governador.” (WIENER, 1954 p.15), Especula-se que talvez a tradução correta para o termo deveria ser “timoneiro”, aquele que conduz e controla o barco no fluxo de um rio. Sobre o termo, Lafontaine (2004) argumenta:

Com a escolha desse vocábulo, Norbert Wiener coloca muito explicitamente o acento tônico sobre o controle comunicacional, tendo o cuidado de precisar que a palavra governador provém da mesma raiz. Não é um dos principais objetivos dos fundadores da cibernética suprir as fraquezas humanas criando uma máquina capaz de controlar, prever e governar? Nesse sentido, em ‘Cybernetique et société’, Wiener sustenta que a desorganização e o caos que ameaçam a sociedade se parecem com o Mal agostiniano da imperfeição, que <<não é em si mesmo uma força, mas antes a própria medida humana da nossa fraqueza>>. Assim, é sob os traços da imperfeição e da irracionalidade que agora se perfila o inimigo. O combate contra a fraqueza humana travado pelos cibernéticos só será igualado pela onipotência da entropia contra a qual ela se relaciona. (LAFONTAINE, 2004 p. 38-39).

Se Wiener (1954) definiu a Cibernética como “a ciência do controle e da comunicação, no animal e na máquina”, para Ashby (1970) a Cibernética é uma “teoria das máquinas”, porém não aborda coisas, mas modos de comportamento. Não inquirir “o que é esta coisa?”, mas “o que ela faz?”.

[...] a Cibernética trata tipicamente qualquer máquina dada, particular, perguntando não “que ação individual ela produzirá aqui e agora?”, mas “quais são todos os possíveis comportamentos que pode produzir?” (ASHBY 1970, p. 03).

De acordo com o portal da *American Society of Cybernetics*¹⁵⁷, surgia então, conforme assinalado pelo ciberneticista Inglês Stafford Beer¹⁵⁸ (2007) uma ciência destinada a estudar a questão do controle, regulação e comunicação, onde a teoria da informação desempenha um papel importante, na medida em que se caracteriza por lidar com um conjunto de possibilidades.

“A Cibernética tem suas origens no início dos anos 1940, quando um grupo de cientistas estava reunido no México para lidar com vários desdobramentos associados com a Segunda Guerra Mundial. Está bem documentado como eles a descobriram – precisamente devido à sua eminência em diferentes campos – eles acharam difícil conversar entre eles sobre qualquer coisa séria. Então eles decidiram escolher um tópico em que ninguém era especialista, mas que fosse de interesse

¹⁵⁷ <http://www.asc-cybernetics.org/>

¹⁵⁸ **Anthony Stafford Beer** (Londres, 25 de Setembro de 1926 - 23 de Agosto de 2002) foi um teórico da pesquisa operacional e da gestão cibernética. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Anthony_Stafford_Beer. Acessado em 15/08/2012.

de todos. E sua eminência era realmente importante a qualquer pessoa: eles não tinham nada a provar. Eles decidiram discutir a natureza do controle.” (BEER 2007, s/p.Tradução nossa.¹⁵⁹).

Ainda segundo Beer “A Cibernética é a ciência da organização eficiente”. (BEER 1977, p. 27. Tradução nossa¹⁶⁰). A Cibernética fundamenta-se em observar sistemas sob a ótica da regulação e da comunicação utilizando-se de *feedback*¹⁶¹, cujo comportamento pode ser observado por um observador externo e onde o objetivo é mover-se em direção a uma meta (*goal*). A essência da Cibernética passa a se concentrar na circularidade, presente na circularidade (*loops*¹⁶²) e retroalimentações (*feedbacks*) que regulam os sistemas para garantir seus objetivos.

Paul Idatte¹⁶³ destaca uma característica importante proposta pela Cibernética, na verdade um conceito já levantado por Wiener em suas ideias iniciais, acerca da capacidade de aprendizagem a partir da comunicação, tanto de seres humanos, quanto de máquinas.

Por conseguinte, definiremos a cibernética como a ciência própria da ação, isto é, dos atos orientados para um fim e com um prazo de execução, com a ajuda de sinais. Ao mesmo tempo a cibernética é a ciência dos sistemas materiais que, automaticamente ou não, conscientemente ou não, são capazes de efetuar esses atos orientados, como acabamos de dizer. (IDATTE 1970, p.62)

Mas, sobretudo, a Cibernética nos mostra em que condições podemos utilizar, para essas operações (operações lógicas), bases físicas diferentes do seu suporte físico natural, isto é, por outras palavras, do nosso cérebro. Assim é que podemos fazer com que certas operações intelectuais sejam executadas por máquinas. Estas libertam-nos ou, mais exatamente, libertam o nosso pensamento da sua materialidade. Mas arriscam-se a substituir essa materialidade por outra – a materialidade que lhes é própria. Compete a nós, que as construímos, não nos deixarmos alienar por elas. (IDATTE 1970, p.25)

Assim, a Cibernética, que se interessava inicialmente pelas diferenças e semelhanças entre os sistemas orgânicos e os construídos, nos anos 1960 passa a se concentrar em aspectos ampliados do processo de controle, tais como *feedback*, variedade e restrição, entropia, meta ou objetivo, entre outros.

¹⁵⁹ **Do original em Inglês:** "Cybernetics had its origins in the early 1940s, when a group of distinguished scientists was gathered together in Mexico to deal with various assignments associated with the second world war. It is well-documented how they discovered that -- precisely because of their eminence in different fields -- they found it difficult to talk to each other about anything serious. So they decided to choose a topic that was nobody's speciality, but of interest to everyone. And their eminence was really important for another reason: they had nothing to prove. They decided to discuss the nature of control." Fonte: BEER, S. 2007 in: <http://www.asc-cybernetics.org/foundations/history2.htm>. Acessado em 24/03/2012.

¹⁶⁰ **Do original em Espanhol:** “La cibernética es la ciencia de la organización eficiente”.

¹⁶¹ **Feedback** é uma palavra inglesa que significa retorno, retroalimentação. Fonte: wikipedia.

¹⁶² **Loop** é uma palavra inglesa, que originalmente significa “aro”, “anel” ou “sequência”, e que no contexto da língua portuguesa é usada com este último significado. Fonte: wikipedia.

¹⁶³ **Paul Idatte** é um engenheiro e professor Francês, formado pela Escola Politécnica da França. Fonte: Idatte 1970.

Em 1974, Heinz von Foerster publica um relatório de pesquisa e que de certa forma será uma revisão da área, intitulado a "Cibernética da Cibernética". Ele esclarece esta expressão, fazendo a seguinte distinção que já foi adotada como um dos princípios fundamentais da cibernética, onde "cibernética de primeira ordem é o estudo dos sistemas observados" e "cibernética de segunda ordem é o estudo dos sistemas de observação". (SCOTT, 2004)

Assim, a evolução do pensamento cibernético levou a uma revisão apresentada por Heinz von Foerster em 1974, na qual propõe o estudo do próprio sistema que observa os outros sistemas, ou seja, a inclusão do observador como sistema observado (FOERSTER, 1974), e que originou a Cibernética de Segunda Ordem.

Segundo o ciberneticista Francis Heylighen¹⁶⁴ e o cientista cognitivista Cliff Joslyn¹⁶⁵,

*A Cibernética é a ciência que estuda os princípios abstratos de organização em sistemas complexos. Ela se interessa não tanto com o que compõe os sistemas, mas como eles funcionam. A Cibernética enfoca em como os sistemas utilizam informação, modelos e ações de controle para guiar em direção e na manutenção de seus objetivos, enquanto lida com diversas desordens. Sendo inerentemente transdisciplinar, o raciocínio cibernético pode ser aplicado para entender, modelar e projetar sistemas de qualquer tipo: físico, tecnológico, biológico, ecológico, psicológico, social ou qualquer combinação destes. (HEYLINGHEN e JOSLYN, 2001 p. 02. Tradução nossa).*¹⁶⁶

A professora Claudia Giannetti¹⁶⁷ comenta sobre a capacidade da Cibernética para lidar com as desordens referidas por Heylighen e Joslyn, assim como para reduzir o processo de entropia:

A Cibernética – termo derivado do grego que significa a arte de conduzir (no sentido figurado, os homens na sociedade ou, em outras palavras, em governar) – trata de ampliar a teoria das mensagens aplicada aos campos da comunicação e do controle das máquinas. Seu propósito é

¹⁶⁴ **Francis Paul Heylighen** é um ciberneticista belga que investiga o surgimento e a evolução de organizações inteligentes. Atualmente ele trabalha como professor e pesquisador da Vrije Universiteit Brussel, da Universidade de língua holandesa Livre de Bruxelas, onde dirige o grupo de pesquisa transdisciplinar sobre "Evolução da Complexidade e Cognição e do Instituto Global do Cérebro. **Do original em Inglês:** "Francis Paul Heylighen is a Belgian cyberneticist investigating the emergence and evolution of intelligent organization. He presently works as a research professor at the Vrije Universiteit Brussel, the Dutch-speaking Free University of Brussels, where he directs the transdisciplinary research group on "Evolution, Complexity and Cognition and the Global Brain Institute." Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Francis_Heylighen. Acessado em 15/08/2012.

¹⁶⁵ **Cliff Joslyn** (nascido em 1963) é um cientista cognitivo americano, ciberneticista, e atualmente Cientista Chefe de Ciências conhecimento, parte do Pacific Northwest National Laboratory em Seattle, Washington, EUA.. **Do original em Inglês:** "Cliff Joslyn (born 1963) is an American cognitive scientist, cyberneticist, and currently Chief Scientist for Knowledge Sciences at the Pacific Northwest National Laboratory in Seattle, Washington, USA." Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Cliff_Joslyn. Acessado em 15/08/2012.

¹⁶⁶ **Do original em Inglês:** "Cybernetics is the Science that studies the abstract principles of organization in complex systems. It is concerned not so much with what systems consist of, but how they function. Cybernetics focuses on how systems use information, models, and control actions to steer towards and maintain their goals, while counteracting various disturbances. Being inherently transdisciplinary, cybernetic reasoning can be applied to understand, model and design systems of any kind: physical, technological, biological, ecological, psychological, social, or any combination of those. SecondOrder Cybernetics in particular studies the role of the (human) observer in the construction of models of systems and other observers".

¹⁶⁷ **Claudia Giannetti** é doutora pela Universidade de Barcelona na especialidade de Estética. Professora na Universidade Pompeu Fabra de Barcelona (1995-1998) e diretora do MECAD/Media Centre of Art&Design de ESDi em Barcelona. Fonte: Giannetti (2006)

desenvolver uma linguagem e técnicas que nos permitam não só encarar os problemas mais genéricos de comunicação e regulação, mas, além disso, estabelecer um repertório adequado de ideias e métodos para classificar suas manifestações particulares por conceitos.

O objetivo da Cibernética é, por conseguinte, lutar contra a tendência das comunicações e dos sistemas de regulação ao desequilíbrio da organização e da coerência. Isto é, contra a tendência a se perder no caos e na entropia. Neste sentido, Wiener analisa os parâmetros e os limites e os limites da comunicação entre os indivíduos e as máquinas. Ao observar certas analogias entre máquinas e organismos vivos, o matemático constata que não há nenhuma razão para que as primeiras não se assemelhem aos seres humanos, pois ambos representam bolsões de entropia decrescente, o que significa que são exemplos de fenômenos locais antientrópicos. (GIANNETTI 2006, p. 25)

Podemos sintetizar então, a partir de Scott¹⁶⁸ (2004) e Heylighen¹⁶⁹ et al. (2001), e com base na revisão proposta pela segunda ordem, que a Cibernética é uma ciência que propõe a observação de sistemas, sendo a própria observação também observada. Para isso utiliza mecanismos como circularidade (*loop*), *feedback*, auto-organização (*autopoiesis*) e controle, facilitando a comunicação entre as partes de um sistema e objetivando o equilíbrio do todo, por meio de compensações e ajustes para atingir metas estabelecidas (*goals*).

Portanto, enquanto a Cibernética de Primeira Ordem se baseia em observar os sistemas em termos de controle e comunicação, colocando o observador fora do sistema e independente deste, a Cibernética de Segunda Ordem produz um deslocamento de percepção, porque reconhece que o observador faz parte do sistema, como uma entidade inseparável, orientada a um propósito (ALVES e PRATSCHKE 2010). Esta mudança de percepção situa a Cibernética de

¹⁶⁸ **Bernard Scott** é o ex-Chefe do *Flexible Learning Support Centre, UK Defence Academy* and encarregado do curso em Cibernética, da *Cranfield University, UK*. Dr. Scott formou-se na *Brunel University*, Reino Unido, em 1968 em licenciatura com distinção em Psicologia. Ele completou um doutorado em Cibernética pela mesma universidade em 1976 Seu supervisor era Gordon Pask, com quem o Dr. Scott trabalhou entre 1967 e 1978 Juntos, eles desenvolveram a "teoria da conversação" e modelos cibernéticos associados de aprendizagem e de ensino, construído ambientes de aprendizagem interativos e realizaram amplos estudos empíricos de como os seres humanos aprendem. **Do original em Inglês:** "*Bernard Scott is former Head of the Flexible Learning Support Centre, UK Defence Academy and former Reader in Cybernetics, Cranfield University, UK. Dr Scott graduated from Brunel University, UK, in 1968 with a first class honours degree in Psychology. He completed a Ph.D. in Cybernetics from the same university in 1976. His supervisor was Gordon Pask, with whom Dr Scott worked between 1967 and 1978. Together, they developed "conversation theory" and associated cybernetic models of learning and teaching, built interactive learning environments and carried out extensive empirical studies of how humans learn.*" Fonte: http://www.sociocybernetics.eu/people_scott.html. Acesso em 16/08/2014.

¹⁶⁹ **Francis Paul Heylighen** (nascido em 1960) é um ciberneticista belga a investigar o surgimento e a evolução da organização inteligente. Ele atualmente trabalha como professor e pesquisador da *Vrije Universiteit Brussel*, Universidade Livre de Bruxelas língua holandesa, onde dirige o grupo de pesquisa transdisciplinar sobre "Evolução, Complexidade e Cognição" e o *Global Brain Institute*. Ele é especialmente conhecido por seu trabalho sobre o *Principia Cybernetica Project*, o modelo da Internet como um cérebro global, e suas contribuições para as teorias da memética e auto-organização. **Do original em Inglês:** "*Francis Paul Heylighen (born 1960) is a Belgian cyberneticist investigating the emergence and evolution of intelligent organization. He presently works as a research professor at the Vrije Universiteit Brussel, the Dutch-speaking Free University of Brussels, where he directs the transdisciplinary research group on "Evolution, Complexity and Cognition" and the Global Brain Institute. He is best known for his work on the Principia Cybernetica Project, his model of the Internet as a Global brain, and his contributions to the theories of memetics and self-organization.*" Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Francis_Heylighen. Acesso em 16/08/2014.

Segunda Ordem dentro da explicação dos processos cognitivos como determinados pela dinâmica de junção entre agente e ambiente. Na ideia central da primeira ordem há um desequilíbrio causado por uma assimetria no ciclo fechado da causalidade circular, que posiciona o observador olhando apenas para seu objetivo. A Cibernética de Segunda Ordem, por sua vez, amplia a observação através da inclusão de um observador observando o observador de primeira ordem junto a seu objeto. (BISHOP e NASUTO 2005, p. 1311). Conforme visto anteriormente, a Cibernética de Primeira Ordem é o estudo dos sistemas observados e Cibernética de Segunda Ordem é o estudo dos sistemas de observação. (FOERSTER 1974). O estudo dos sistemas com a abordagem da segunda ordem proporcionou alguns resultados significativos. Segundo Francisco Varela:

A fase cibernética da ciência cognitiva produziu uma série incrível de resultados concretos, além de sua influência em longo prazo (muitas vezes underground):

- A utilização da lógica matemática para compreender o funcionamento do sistema nervoso;
- A invenção de máquinas de processamento de informação (como computadores digitais), estabelecendo assim a base para a inteligência artificial;
- A criação da metadisciplina da teoria dos sistemas, a qual teve uma marca em muitos ramos da ciência, como a engenharia (análise de sistemas, teoria de controle), biologia (fisiologia regulatória, ecologia), ciências sociais (terapia familiar, antropologia estrutural, gestão, estudos urbanos), e economia (teoria dos jogos).
- A teoria da informação como uma teoria estatística dos canais de sinal e comunicação.
- Os primeiros exemplos de auto-organização de sistemas. (VARELA et al. 1993, p. 38. Tradução nossa)¹⁷⁰

Os processos e problemas epistemológicos são tratados ciberneticamente, ou seja, a partir de um olhar de segunda ordem. Trata-se de uma Cibernética da Cibernética. Segundo aponta Brier (2008), esta questão poderá ser vista de uma forma científica nos sistemas de observação cibernéticos, os quais também se concentram na influência da organização biológica do observador na observação.

Conclui-se deste modo, que a possibilidade de controle da observação dos fenômenos e também em relação ao próprio observador permite a colaboração de alguns aspectos da

¹⁷⁰ **Do original em Inglês:** “The cybernetic phase of cognitive science produced an amazing array of concrete results, in addition to its long-term (often underground) influence:

- The use of mathematical logic to understand the operation of the nervous system
- The invention of information-processing machines (such as digital computers), thereby laying the basis for artificial intelligence.]
- The establishment of the metadiscipline of systems theory, which has had an imprint in many branches of science, such as engineering (systems analysis, control theory), biology (regulatory physiology, ecology), social sciences (family therapy, structural anthropology, management, urban studies), and economics (game theory).
- Information theory as a statistical theory of signal and communication channels.
- The first examples of self-organizing systems.”

Cibernética de Segunda Ordem com a Semiótica de Peirce, por exemplo, possibilitando a criação de um campo comum às duas ciências, o qual poderíamos identificar como um processo cibernético de segunda ordem a partir de sistemas focados na produção de significados a partir da observação e da representação.

Estes sistemas de observação significativos tratariam também da observação da observação dos fenômenos e assim sucessivamente, como propõe a noção de signo evolutivo introduzido por Peirce, e também de acordo com a Teoria Cibernética de Segunda Ordem, implicando sempre que haja retroalimentação para manutenção do controle e para a busca do equilíbrio nos sistemas propostos. Estes sistemas semióticos, por assim dizer, buscariam tratar e evidenciar a importância das questões relativas à observação dos fenômenos, potencializando-os, quando necessário e proporcionando assim, possibilidades de representação mais elaboradas e complexas – e podemos acrescentar, mais pertinentes em relação às atualizações dos processos digitais de projeto.

3.2. A Semiótica de Peirce: observação e representação dos fenômenos

Em primeiro lugar é importante destacar que não será tratada aqui a Linguística Semiológica de Ferdinand de Saussure¹⁷¹, e continuada por Louis Hjelmslev e Roland Barthes, e que tem por objeto o “conjunto de regras e funcionamento que são comuns a todas as línguas” (SANTAELLA 2005 pp.13). Também não será nosso foco as históricas formulações sobre o signo e a significação, cujas referências remontam aos tratados filosóficos de Aristóteles¹⁷² e Platão¹⁷³ e

¹⁷¹ **Ferdinand de Saussure** (Genebra, 26 de novembro de 1857 — 22 de fevereiro de 1913) foi um linguista e filósofo suíço, cujas elaborações teóricas propiciaram o desenvolvimento da linguística enquanto ciência autônoma. Seu pensamento exerceu grande influência sobre o campo da teoria da literatura e dos estudos culturais. Saussure entendia a linguística como um ramo da ciência mais geral dos signos, que ele propôs, fosse chamada de Semiologia. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ferdinand_de_Saussure. Acesso em 15/08/2012.

¹⁷² **Aristóteles** (em grego antigo: Ἀριστοτέλης, transl. Aristotélēs; Estagira, 384 a.C. — Atenas, 322 a.C.) foi um filósofo grego, aluno de Platão e professor de Alexandre, o Grande. Seus escritos abrangem diversos assuntos, como a física, a metafísica, as leis da poesia e do drama, a música, a lógica, a retórica, o governo, a ética, a biologia e a zoologia. Juntamente com Platão e Sócrates (professor de Platão), Aristóteles é visto como um dos fundadores da filosofia ocidental. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Arist%C3%B3teles>. Acesso em 16/08/2014.

¹⁷³ **Platão** (em grego antigo: Πλάτων, transl. Plátōn, "amplo",¹ Atenas,^{nota 1} 428/427^{nota 2} — Atenas, 348/347 a.C.) foi um filósofo e matemático do período clássico da Grécia Antiga, autor de diversos diálogos filosóficos e fundador da Academia em Atenas, a primeira instituição de educação superior do mundo ocidental. Juntamente com seu mentor, Sócrates, e seu pupilo, Aristóteles, Platão ajudou a construir os alicerces da filosofia natural, da ciência e da filosofia ocidental. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Plat%C3%A3o>. Acesso em 16/08/2014.

passam por teóricos como Galeno de Pérgamo¹⁷⁴, Christian Wolff¹⁷⁵, John Wilkins¹⁷⁶ e John Spencer¹⁷⁷ (NÖTH, 2003). Será tratada, sim, a Semiótica de Charles Sanders Peirce, que se refere a uma gama intrincada de fenômenos sociais de comunicação e significação, inclusive as linguagens não verbais, nas quais se insere a Arquitetura.

Segundo Ivo Assad Ibri¹⁷⁸, a obra de Peirce, comparável em volume à de Gottfried Leibniz¹⁷⁹, é constituída de ensaios publicados em periódicos e, na sua maior parte, de manuscritos que se encontram sob os cuidados do Departamento de Filosofia da Universidade de Harvard. A Universidade publicou entre 1931 e 1958, textos que dão conta do pensamento peirceano de modo significativo, conhecidos e reunidos sob o título de *Collected Papers*. (IBRI, 1992).

Tomamos emprestado de Carlos Vidales¹⁸⁰, uma apresentação inicial de Peirce e do contexto geral no qual está inserida sua obra:

O nome de Charles Sanders Peirce está ligado na história à múltiplas ciências e disciplinas: física, matemática, geologia, metafísica, astronomia, política, ética, poética, retórica e lógica. Produto de seus estudos, especialmente da Crítica da Razão Pura de Immanuel Kant, mas também de alguns

¹⁷⁴ Cláudio Galeno ou Élio Galeno, em latim Claudius Galenus e grego Κλαύδιος Γαληνός, (Pérgamo, c. 129 - provavelmente Sicília, ca. 217), mais conhecido como **Galeno de Pérgamo** foi um proeminente médico e filósofo romano de origem grega, e provavelmente o mais talentoso médico investigativo do período romano. Suas teorias dominaram e influenciaram a ciência médica ocidental por mais de um milênio. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Cl%C3%A1udio_Galeno. Acesso em 16/08/2014.

¹⁷⁵ **Christian Wolff** (Breslávia, 24 de janeiro de 1679 - Halle an der Saale, 9 de abril de 1754) foi um filósofo alemão. Trabalhou na Universidade de Halle (sede do pietismo). Christian Wolff foi o mais importante filósofo alemão entre Leibniz e Kant. Popularizou o deísmo, Leibniz e glorificou Confúcio. Pelo seu intelectualismo, insistiu na ideia de que tudo pode ser provado, inclusive Deus e a imortalidade. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Christian_Wolff. Acesso em 16/08/2014.

¹⁷⁶ John Wilkins FRS (Fawsley, 1 de janeiro de 1614 - Londres, 19 de novembro de 1672) foi um filósofo natural, um dos fundadores do Colégio Invisível e um dos fundadores da Royal Society. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/John_Wilkins. Acesso em 16/08/2014.

¹⁷⁷ **John Spencer** (1630-1693) foi um clérigo Inglês e estudioso, mestre do Corpus Christi College, em Cambridge. Um teólogo erudito e hebraísta, é lembrado como o autor de *De Legibus Hebraeorum*, um trabalho pioneiro da religião comparada, avançando a tese de que o judaísmo não era a mais antiga das religiões da humanidade. Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/John_Spencer_\(Master_of_Corpus_Christi_College,_Cambridge\)](http://en.wikipedia.org/wiki/John_Spencer_(Master_of_Corpus_Christi_College,_Cambridge)). Acesso em 16/08/2014.

¹⁷⁸ **Ivo Assad Ibri** possui graduação em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1972), mestrado em Filosofia pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (1986) e doutorado em Filosofia pela Universidade de São Paulo (1994). Realizou pesquisa de pós-doutorado nos anos de 2004 e 2005 na Universidade de Indiana, Estados Unidos, com bolsa tipo fellowship concedida pelo Institute for Advanced Study daquela universidade. Pesquisador do CNPq, atualmente é professor titular da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, e doutor da Faculdade de São Bento. Fonte: <http://lattes.cnpq.br/9043383494087305>. Acesso em 16/08/2014.

¹⁷⁹ **Gottfried Wilhelm Leibniz** (Leipzig, 1 de julho de 1646 - Hanôver, 14 de novembro de 1716) foi um filósofo, cientista, matemático, diplomata e bibliotecário alemão. A ele é atribuída a criação do termo "função" (1694), que usou para descrever uma quantidade relacionada a uma curva, como, por exemplo, a inclinação ou um ponto qualquer situado nela. É creditado a Leibniz e a Newton o desenvolvimento do cálculo moderno, em particular o desenvolvimento da integral e da regra do produto. Descreveu o primeiro sistema de numeração binário moderno (1705), tal como o sistema numérico binário utilizado nos dias de hoje. Demonstrou genialidade também nos campos da lei, religião, política, história, literatura, lógica, metafísica e filosofia. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Gottfried_Wilhelm_Leibniz. Acesso em 08/08/2014.

¹⁸⁰ **Carlos Vidales Gonzáles** é pesquisador do Departamento de Estudios de la Comunicación Social, da Universidad de Guadalajara, México. Fonte: <https://guadalajara.academia.edu/CarlosVidalesGonz%C3%A1les>. Acesso em 16/08/2014.

pensadores escolásticos, como Duns Scotus e William de Ockham, Peirce desenvolveu um forte interesse no simbolismo e, como Aristóteles viu que os símbolos são os meios pelos quais a racionalização do universo deve ser expressa e comunicada. Considera também que a urdidura e a trama de todo o pensamento e de toda a pesquisa são símbolos, por isso é errado dizer que uma boa linguagem é importante para um bom pensamento, simplesmente porque esta é a essência daquele. A ideia de signo e da ciência que se dedica ao seu estudo provém, então, de um desenvolvimento lógico de uma tentativa de explicar como aprendemos, construímos e comunicamos o que conhecemos, ou seja, que parte de uma questão lógico-filosófica sobre a natureza do pensamento, do sujeito e dos signos. (VIDALES, 2010 p.85. Tradução nossa¹⁸¹.)

A Semiótica de Peirce compartilha da visão não-determinista do universo e propõe um sistema capaz de interpretar o mundo através da mediação de signos, e deste modo, este sistema pode evoluir na medida em que é capaz de usar signos para obter informação. Sua fenomenologia propõe algumas categorias no nível da experiência e divide as ciências em três classes principais: a Matemática, a Filosofia e a Idioscopia também chamada de Ciências Especiais. A matemática constrói seus objetos na forma de hipóteses e delas extrai consequências necessárias, sem lidar com as questões de fato. A Filosofia examina a experiência cotidiana, visando extrair o que dela é verdadeiro. E a Idioscopia fundamenta suas construções em observações especiais, como o fazem, por exemplo, a Física, a Química, entre outros. (IBRI, 1992).

Ainda dentro das categorias propostas por Peirce, temos a subdivisão da Filosofia em três outras ciências: a Fenomenologia, as Ciências Normativas e a Metafísica. (IBRI, 1992). A Fenomenologia (ou Faneroscopia), conforme sua proposta, é uma ciência que se propõe a estudar as características de um *faneron* ou fenômeno, inventariando deste modo, as classes da experiência cotidiana e especificando o próprio conceito de experiência, conforme veremos mais à frente.

Nesse sentido, faz-se necessário detalhar a Semiótica de Charles Sanders Peirce e alguns conceitos que serão relevantes em seguida, para a fundamentação da Cibersemiótica, assim como para a construção de importantes possibilidades de significação para os processos digitais de projeto. Explorar a capacidade de observação e representação dos fenômenos (arquitetônicos e urbanísticos) pressupõe o domínio de algumas operações importantes no nível

¹⁸¹ **Do original em espanhol:** “El nombre de Charles Sanders Peirce está ligado en la historia a múltiples ciencias y disciplinas: la física, las matemáticas, la geología, la metafísica, la astronomía, la política, la ética, la poética, la retórica y la lógica. Producto de sus estudios, sobre todo de la Crítica de la Razón Pura de Emmanuel Kant, pero también de algunos pensadores escolásticos como Duns Scotus y William de Ockham, Peirce desarrolló un enorme interés en el simbolismo y, como Aristóteles, vio que los símbolos son el medio a través del cual la racionalización del universo debe de ser expresada y comunicada. Considera igualmente, que la trama y urdidumbre de todo pensamiento y de toda investigación son símbolos, por esto es erróneo decir que un buen lenguaje es importante para un buen pensamiento, simplemente porque éste es la esencia de aquél. La idea del signo y de la ciencia que se dedique a su estudio proviene entonces de un desarrollo lógico y de un intento por explicar la forma en que aprehendemos, construimos y comunicamos lo que conocemos, es decir, que parte de un cuestionamiento lógico-filosófico sobre la naturaleza del pensamiento, del sujeto y de los signos.”

da experiência, assim como se faz necessário a atualização de muitos conceitos, quando é lançado um olhar para o universo da mediação digital em processos que envolvem tais fenômenos.

Observar é um modo como nos relacionamos com o mundo, individual e particular. É uma qualidade que deve ser exercitada para além das questões fisiológicas da visão. É preciso em primeiro lugar desejar observar algo, para que, a partir dessa vontade, surja outra relacionada a treinar e desenvolver as possibilidades que são oferecidas pela observação dos fenômenos que nos cercam e que também ocorrem em nós mesmos. Para Lúcia Santaella¹⁸² (2005), a condição de estar no mundo na condição de indivíduos é mediada por uma rede intrincada e plural de linguagem. Segundo a autora, “Somos uma espécie animal tão complexa quanto são complexas e plurais as linguagens que nos constituem como seres simbólicos, isto é, seres de linguagem”. (SANTAELLA 2005, p.10).

Segundo Santaella, umas das principais pesquisadoras brasileiras da obra de Peirce, “O começo do século XX testemunhou o surgimento de duas ciências da Linguagem. Uma delas é a Linguística, ciência da linguagem verbal. A outra é a Semiótica, ciência de toda e qualquer linguagem”. (SANTAELLA 2005, p.9-10).

Peirce defende um realismo científico que prevê a existência real dos objetos do mundo, ou seja, podemos experienciar o mundo das coisas externas independentes e reagir a esse mundo de uma forma quase instintiva, habitual, desde que esse mundo seja muito maior do que o conhecimento científico que o homem pode ter dele. O que vislumbramos aqui é uma noção da contingência humana em plena operação. Argumentando sobre esse realismo científico, Peirce diz:

Existem coisas reais, cujos caracteres são inteiramente independentes de nossas opiniões acerca delas; essas realidades afetam nossos sentidos segundo leis regulares e, embora nossas sensações sejam tão diferentes quanto o são nossas relações com os objetos, contudo, aproveitando das leis da percepção, podemos averiguar pelo raciocínio como as coisas realmente são, e qualquer homem, se possuir suficiente experiência e raciocinar o bastante sobre o assunto, será levado à conclusão verdadeira. (PEIRCE, 2003, p. 14.)

¹⁸² **Maria Lucia Santaella Braga** (Catanduva, 13 de agosto de 1944) é uma pesquisadora brasileira e professora titular da PUC-SP com doutoramento em Teoria Literária na PUC-SP, em 1973, e livre-docência em Ciências da Comunicação na ECA/USP, em 1993. É fundadora do "CS games", Grupo de Pesquisa em Games e Semiótica da PUC-SP, além de professora da Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas EESP-FGV, nas áreas de Novas Tecnologias e Novas Gramáticas da Sonoridade, Relações entre o Verbal, Visual e Sonoro na Multimídia e Fundamentos Biocognitivos da Comunicação. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Lucia_Santaella. Acesso em 15/08/2012.

A grande essência pragmática da Semiótica de Peirce é de que a teoria dos signos permite transcender o horizonte de uma intencionalidade produtora da significação, o que implica afirmar que os signos podem ser gerados de forma natural, sem a atuação humana. Peirce recomenda que estejamos atentos à observação dos fenômenos. Diz que “a manifestação mais simples de terceiridade, que também significa continuidade, generalidade, síntese, aprendizagem, crescimento, entre outros, está na noção de signo”.

Um signo ou representamen, é tudo aquilo que, sob certo aspecto ou medida, está para alguém em lugar de algo. Dirige-se a alguém, isto é, cria na mente dessa pessoa um signo equivalente ou talvez um signo mais desenvolvido. Chamo este signo que ele cria o interpretante do primeiro signo. O signo está em lugar de algo, seu objeto. Está no lugar desse objeto, porém, não em todos os seus aspectos, mas com referência a uma espécie de ideia (Peirce apud NÖTH 2003 p. 65).

Um signo é determinado pelo objeto, porém o signo representa o objeto. “Ao representar o objeto, o signo está habilitado a produzir algum tipo de efeito em alguma mente ou inteligência, e este efeito é chamado por Peirce de interpretante do signo. “(SANTAELLA, 1998 p. 39). Assim, podemos dizer que o signo é algo que é determinado por outro algo que ele representa e que esta representação produz um efeito, chamado de interpretante. (Figura 111).

FIGURA 111: ESTRUTURA TRIÁDICA DO SIGNO.
OBJETO, REPRESENTAMEN E INTERPRETANTE.
FONTE: SANTAELLA, 1998.

Santaella (1998) destaca que o objeto não deve ser confundido com uma “coisa”. O signo pode denotar um objeto perceptível, mas pode também denotar um objeto imaginável ou mesmo insusceptível de ser imaginado, como um sonho ou novo conceito, por exemplo.

Ao mesmo tempo em que o objeto é o que determina o signo, ele é um segundo em relação ao signo, pois este ocupa a posição de primeiro elemento lógico na cadeia, sendo o que representa o objeto. Segundo Santaella,

[...] diante de qualquer fenômeno de qualquer espécie que seja, nossa apreensão desse fenômeno se dá sempre e inalienavelmente pela mediação do signo. Portanto, o signo é logicamente um

primeiro, aquilo que chamamos de fenômeno é semioticamente o objeto do signo, objeto que, por sua vez, determina o signo. É ao objeto que o signo deve sua existência. (SANTAELLA, 1998 p. 44).

Nesse contexto, identificamos e estabelecemos uma aproximação com a Cibernética, especialmente a de Segunda Ordem, na medida em que o observador de segunda ordem guarda certas semelhanças com o interpretante, enquanto observador dos fenômenos e como mente na qual serão produzidos os efeitos da observação.

A Cibernética de Segunda Ordem em particular, estuda o papel do observador (humano) na construção de modelos de sistemas e outros observadores (HEYLINGHEN e JOSLYN, 2001 p. 02. Tradução nossa).¹⁸³

Propõe-se que para a percepção dos sistemas vivos ou não, que estariam sendo observados, seria importante a compreensão de quem são os objetos envolvidos em processos de cognição e semiose. A Fenomenologia de Peirce é a primeira das ciências positivas segundo sua própria filosofia, sendo também chamada por ele de Faneroscopia, e sugere alguns procedimentos em relação à observação dos fenômenos. Segundo Peirce:

Que fique entendido então, que o que temos que fazer, como estudantes de fenomenologia, é simplesmente abrir nossos olhos mentais, olhar bem o fenômeno e dizer quais são as características que nele nunca estão ausentes, seja este fenômeno algo que a experiência externa força sobre nossa atenção, ou seja, o mais selvagem dos sonhos ou a mais abstrata e geral das conclusões da ciência (PEIRCE apud IBRI 1992 p. 05).

Os estudos que Peirce empreendeu o levaram à conclusão de que há três elementos formais e universais em todos os fenômenos que se apresentam à percepção e à mente. Num nível de generalização máxima, esses elementos foram chamados de primeiridade, segundidade e terceiridade (NÖTH, 2003).

A partir da pré-disposição e do desenvolvimento da capacidade de observação dos fenômenos, estar-se-á criando condições perceptivas para compreender as complexidades e as relações envolvidas justamente em cada sistema de observação. Este é justamente o ponto de contato inicial que aproxima a Semiótica de Peirce à Teoria Cibernética: a observação dos sistemas.

De acordo com o sociólogo alemão, Niklas Luhmann (2007),

Observação de segunda ordem ocorre apenas onde nós entendemos o sistema que nós mesmos estamos observando como um sistema observador – o que é dizer como um sistema que marca uma distinção entre si mesmo e seu ambiente, e que no processo produz valores intrínsecos e

¹⁸³ **Do original em Inglês:** “Second Order Cybernetics in particular studies the role of the (human) observer in the construction of models of systems and other observers”. (HEYLINGHEN e JOSLYN, 2001 p. 2).¹⁸³.

*utiliza distinções próprias para observar algo dentro de si mesmo, ou em seu ambiente (Luhmann 2007, p.225. Tradução nossa.)*¹⁸⁴

Cabe destacar nesse momento, que a introdução do observador dos sistemas como sistema a ser também observado, muda a abordagem para uma segunda ordem que nos parece muito importante nos processos de projeto em Arquitetura, uma vez que reposiciona o projetista dentro do processo. Entendemos a observação como toda e qualquer percepção dos fenômenos envolvidos, acionada pelos nossos cinco sentidos, e não apenas pela visão. Assim, para ampliar as possibilidades de qualificar a observação, no sentido de atribuir significados e permitir outros desdobramentos, acreditamos que seja importante a um prévio entendimento em relação ao que deve ser observado e de que modo deve ser observado.

Conforme apontado em Alves (2009), Peirce dá dicas e procedimentos preciosos para que se tenha uma dimensão mais ampla em relação ao observar, e que se tornam complementares aos sistemas de observação propostos pela Cibernética, conforme visto anteriormente:

As faculdades que devemos nos esforçar por reunir para este trabalho são três. A primeira e principal é aquela rara faculdade, a faculdade de ver o que está diante dos olhos, tal como se apresenta sem qualquer interpretação... Esta é a faculdade do artista que vê, por exemplo, as cores aparentes da natureza como elas se apresentam.

A segunda faculdade de que devemos nos munir é uma discriminação resoluto que se fixa como um bulldog sobre um aspecto específico que estejamos estudando, seguindo-o onde quer que ele possa se esconder e detectando-o sob todos os seus disfarces.

A terceira faculdade de que necessitamos é o poder generalizador do matemático, que produz a fórmula abstrata que compreende a essência mesma da característica sob exame, purificada de todos os acessórios estranhos e irrelevantes (PEIRCE apud IBRI 1992 p. 05-06).

Portanto, observamos que Peirce projetou vários modelos do processo de significação, ou, como ele chamava, semiose, que foram estabelecidos com base em suas três categorias universais. Primeiridade, Segundidade e Terceiridade caracterizam-se na mente por formas distintas de consciência, respectivamente: consciência imediata, consciência do outro e consciência de síntese.

A Primeiridade é tudo que é independentemente de qualquer outra coisa. Esta é a categoria de sentimentos, pura qualidade ou possibilidade. Um exemplo de primeiridade é a qualidade de

¹⁸⁴ **Do original em inglês:** "Second-order observation occurs only where we understand the systems we are ourselves observing as an observer system – that is to say as a system that draws a distinction between itself and its environment, and which in the process produce intrinsic values and uses distinctions of its own to observe something within itself or in its environment".

cor. Podem haver percepções diferentes, mas a sua existência é única e sem referência a qualquer outra coisa.

A secundidade é a categoria de duas entidades ou, em geral, a categoria de relações ou reações sem qualquer direito ou razão. A consciência humana, por exemplo, lida com as reações entre o interior e o mundo exterior.

A Terceiridade é originada, quando um existe uma relação entre duas coisas, o que está conectado com o pensamento e/ou a criação de um hábito. Esta é a categoria de representação, o hábito, a comunicação/mediação, a lei e os processos de significação, o que não significa que os sinais não são relevantes para as duas primeiras categorias.

O conceito de sinais de Peirce concebe que cada pensamento é um signo e todos os signos mostram uma estrutura triádica. Assim, a filosofia peirceana oferece uma base que permite sua utilização em diversas áreas, devido ao seu caráter universal.

Especialmente no que diz respeito à Arquitetura, o termo representar carrega em seu signo enquanto linguagem escrita, uma série de significados que ao longo da história invariavelmente denotaram inúmeros sentimentos nos quais os seres humanos sempre investiram valores, valores estes que eles acabam por expressar nos projetos. O projeto arquitetônico representado pelo desenho provavelmente tenha sido o principal meio de representação utilizado por arquitetos ao longo da história. Os sistemas de representação por meio do desenho podem ser concebidos, portanto, como atuações requintadas, trabalhadas profundamente para construir ilusões ou intenções significativas, na mente de quem as observa.

O desenho de um objeto nunca é a simples representação das qualidades aparentes desse objeto, mas também uma interpretação e uma explicação baseadas, muitas vezes, em regras gerais. O emissor de uma mensagem gráfica está fortemente condicionado, no momento de escolher os signos a aplicar, pela qualidade informativa que quer comunicar. Qualquer objeto é um reservatório inesgotável de possibilidades expressivas e de traços qualitativos, físicos, dimensionais e de propriedades do próprio objeto. São propriedades como estas, por exemplo, que poderiam ser associadas a parâmetros digitais por meio da programação, estratégia utilizada no *design* paramétrico, e sobre a qual nos concentraremos posteriormente.

Os arquitetos ou todos aqueles que exercitam o representar por meio do desenho, desenvolveram ao longo da história, modos sofisticados de representação, como por exemplo, traduzir para o plano bidimensional aquilo que é visualizado no tridimensional. Um desses modos é o representar pela técnica da perspectiva moderna, surgida no Renascimento italiano,

que evoluiu e se transformou, permitindo sua aplicação em diversos domínios, dentre eles a engenharia, as artes e a arquitetura.

Segundo McGrath¹⁸⁵ & Gardner¹⁸⁶ (2007),

O arquiteto e engenheiro mecânico Filippo Brunelleschi demonstrou o método geométrico da perspectiva, em 1415, num momento em que a cultura emergente cívica e colaborativa de Florença, Itália, estava redefinindo o pensamento medieval. A perspectiva, definida opticamente em primeiro lugar pelo matemático e filósofo árabe Alhazen, contribuiu significativamente para o que mais tarde foi chamado de Renascimento Europeu e Iluminismo. (MCGRATH & GARDNER, 2007, p.19. Tradução nossa.¹⁸⁷)

A tradução da profundidade não se tornou apenas um novo modo de representar o mundo tridimensional sobre uma superfície bidimensional, mas um novo modo de observá-lo – o ênfase dos significados simbólicos e o modo como tendem à deformação formal – é submetido à regularização imposta pela necessidade de obedecer a uma hierarquia espacial.

De acordo com Antonio Manetti, biógrafo de Brunelleschi, Filippo ficou na frente do Batistério de Florença e traçou seu reflexo em um espelho, a fim de gravar o que seus olhos viram. Analisando esta experiência matematicamente, Brunelleschi desenvolveu um método que qualquer um poderia repetir - um know-how - para transferir objetos em três Dimensões de uma superfície bidimensional. Implícito na ação de Brunelleschi é a crença de que o olho é uma fonte confiável e exata da verdade e que a percepção visual é capaz de recuperar as propriedades pré-determinadas do mundo. (MCGRATH & GARDNER, 2007, p. 19. Tradução nossa.¹⁸⁸)

Extendendo a reflexão sobre o ato de representar para processos de projeto, do ponto de vista da Semiótica de Peirce poderíamos pensar, então, que os sistemas de representação podem ser produzidos através dos desenhos criados, em princípio, para construir interpretações, na

¹⁸⁵ **Brian McGrath** é reitor da *School of Constructed Environments, Parsons The New School for Design*, fundador e diretor da *Urban-Interface, LLC*, uma consultoria de design experiência de fusão urbana em arquitetura, ecologia e mídia social. **Do original em Inglês:** “Brian McGrath is Dean of the School of Constructed Environments, Parsons The New School for Design and the founder and principal of Urban-Interface, LLC, an urban design consultancy fusing expertise in architecture, ecology and social media.” Fonte: <http://www.newschool.edu/parsons/faculty.aspx?id=4e7a-6b79-4d77-3d3d>. Acesso em 16/08/2014.

¹⁸⁶ Historiadora de arte e escritora, Jean **Gardner** é uma ativista, escritora, professora e consultora em questões de design sustentável. **Do original em Inglês:** “Art Historian and Author, Jean Gardner is an activist, writer, teacher, and consultant on sustainable design issues.” Fonte: <http://www.newschool.edu/parsons/faculty.aspx?id=4e7a-6b78-4e77-3d3d>. Acesso em 16/08/2014.

¹⁸⁷ **Do original em Inglês:** “The architect and mechanical engineer Filippo Brunelleschi demonstrated the geometrical method of perspective in 1415 at a time when the emerging civic and collaborative culture of Florence, Italy was reshaping medieval thinking. Perspective, first optically defined by the Arabian mathematician and philosopher Alhazen, contributed significantly to what later was called the European Renaissance and Enlightenment.”

¹⁸⁸ **Do original em Inglês:** “According to Antonio Manetti, Brunelleschi's biographer, Fillipo stood in front of the Florentine Baptistry and traced its reflection on a mirror in order to record what his eyes saw. Analysing this experiment mathematically, Brunelleschi developed a method that anyone could repeat - a know-how - to transfer objects in three dimentions to a two-dimensional surface. Implicit in Brunelleschi's action is the belief that the eye is a dependable and accurate source of truth and that visual perception is able to recover the pre-given properties of the world.”

medida em que são uma coisa que está a significar outra coisa. O desenho é como um signo¹⁸⁹ pelo qual e com o qual o pensamento age, e é por meio dessa manifestação externa do pensamento que o arquiteto costuma dialogar interativamente com a ideia arquitetônica.

De acordo com Eluiza Ghizzi ¹⁹⁰ (2005),

*A exteriorização do pensamento arquitetônico pode se dar até verbalmente, mas é pela formalização do pensamento no desenho que se dá a prática mais usual do ato projetivo. Assim, uma forma externa do pensamento é o desenho. Do ponto de vista da semiótica, pode-se dizer que o desenho significa para o arquiteto o equivalente àquilo que a língua escrita (alfabeto e regras gramaticais) significa para o escritor. Não importa se o escritor apresenta sua obra acabada na própria forma escrita e o arquiteto precisa concretizar a sua em uma edificação ou espaço urbano; o que importa aqui é que a escrita para o escritor e o desenho para o arquiteto são as ferramentas mais básicas para seu ofício. O desenho é, para o arquiteto, pode-se dizer, o meio pelo qual o pensamento arquitetônico se desenvolve; nesse processo ele se **atualiza** enquanto se **espacializa** por meio do desenho. (GHIZZI, 2005. p. 77)*

Do ponto de vista do representar, o objeto do projeto arquitetônico é concebido a partir da ideia de que esse projeto é signo de um problema arquitetônico. O desenho arquitetônico, entendido como signo do projeto arquitetônico, atua como o elemento usado para representá-lo, para substituí-lo, para ocupar seu lugar, equivalendo ao conceito que manifesta e torna presente. Como um signo pelo qual e com o qual o pensamento age, o desenho não é considerado meramente pela sua materialidade, mas pelas ideias que registra e, ao mesmo tempo, pelas ideias que sugere.

Segundo o ciberneticista Ranulph Glanville¹⁹¹:

¹⁸⁹ "Um **signo**, ou representamen, é algo que está para alguém, ou algo, em algum aspecto ou capacidade. Dirige-se a alguém, isto é, cria na mente dessa pessoa um signo equivalente ou talvez um signo mais desenvolvido. Esse sinal que cria, eu chamo o interpretante do primeiro signo. O signo representa alguma coisa, seu objeto. Representa o objeto, e não em todos os aspectos, mas em referência a um tipo de ideia, que eu às vezes tenho chamado o terreno do representamen." (PEIRCE CP: 2.228. Tradução nossa.) **Do original em Inglês:** "A sign, or representamen, is something which stands to somebody for something in some respect or capacity. It addresses somebody, that is, creates in the mind of that person an equivalent sign, or perhaps a more developed sign. That sign which it creates I call the interpretant of the first sign. The sign stands for something, its object. It stands for that object, not in all respects, but in reference to a sort of idea, which I have sometimes called the ground of the representamen."

¹⁹⁰ **Eluiza Bortolotto Ghizzi** é Arquiteta e Doutora em Comunicação e Semiótica (PUC-SP). É professora adjunta da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) onde atua nas graduações em Artes Visuais e Arquitetura e Urbanismo, bem como no Mestrado em Estudos de Linguagens. Pesquisa as relações entre arte, design e arquitetura, da perspectiva da semiótica. Fonte: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus06/?sec=4&item=4&lang=pt>. Acessado em 15/08/2012.

¹⁹¹ **Ranulph Glanville** (nascido em 13 de junho de 1946, Londres) é um investigador freelance britânico e teórico em arquitetura e cibernética. Glanville estudou arquitetura na Architectural Association de 1964-1971. Ele completou o doutorado em cibernética da Universidade Brunel, em 1975, e obteve um segundo doutorado em Aprendizagem Humana de Brunel, em 1988. **Do original em Inglês:** "Ranulph Glanville (born 13 June 1946, London) is a British freelance researcher and theoretician in both architecture and cybernetics. Glanville studied architecture at the Architectural Association from 1964 to 1971. He completed a PhD in cybernetics at Brunel University in 1975, and obtained a second PhD in Human Learning from Brunel in 1988." Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Ranulph_Glanville. Acessado em 15/08/2012.

O designer, esboçando ou rabiscando, troca entre as posições (personas) daquele que faz e de observador – ou, para ser pedantemente preciso, aquele-que-desenha-e-então-escuta-antes-de-desenhar-de-novo, e aquele-que-escuta-e-então-desenha-antes-de-escutar-de-novo (mas eu devo me restringir ao desenhador básico, do eu-desenhador e ouvinte, do eu-ouvinte) – um equivalente visual do falante e ouvinte. O signo é frequentemente feito sem intenção: ele não é a forma de alguma coisa, é uma exploração, uma questão vaga. Fazer um signo, observá-lo, refazer (mudar) o signo, revê-lo. Este é um tipo de jogo, cheio de questões “e se? ”, sem respostas, na forma de uma conversa mantida consigo mesmo: manifestação incondicional, manifestação atenta, manifestação reafirmada. (GLANVILLE 2010, p. 06.)

A representação produzida durante a atividade projetiva invariavelmente é caracterizada por muitas experimentações no nível do desenho que exigem do arquiteto constantes atualizações para tornar inteligível sua descoberta, materializada a partir dos significados propostos. Há uma intensa e intempestiva relação do arquiteto com o projeto. É o pensamento que está em ação. E enquanto pensa, o arquiteto desenha.

Assim, de acordo com Ghizzi, o que ela chama de processo tradicional (ou analógico) de representação na Arquitetura consistia em avançar sem perder as origens e tratava-se, ao mesmo tempo, de consolidação e registro da descoberta (passo atrás) e criação (passo à frente) de uma solução, para a construção de uma ideia cuja concepção geral é dada de início e cujas particularidades são definidas no processo. (GHIZZI, 2005. p. 77). A representação pelo que se convencionou chamar de Desenho Arquitetônico permite então o registro e a formalização das ideias em constante evolução, estabelecendo uma linguagem não verbal, que por sua vez é também uma característica da própria obra arquitetônica. O modo como o raciocínio se manifesta e é atualizado, configura as características representativas do projeto e da obra.

Dentro do mesmo corpo, o eu-desenhador e o eu-observador, vendo de modos diferentes o que é feito para ser o mesmo (os signos), oferecem insights para seus parceiros participantes que são diferentes do que foi compreendido previamente. Em outras palavras, personas criando novidades uma para a outra: croquizando e rabiscando, leva inevitavelmente a mudanças. O designer, croquizando e rabiscando, começa em algum lugar, mas termina em outro, muitas vezes tornando difícil de explicar a mudança de um lugar para outro. (GLANVILLE 2010, p. 06).

A interpretação de um signo nunca está terminada porque o significado do signo são os hábitos que ele gera e que estão em constante evolução. Peirce chama isso de *semiose ilimitada*, mas estes sistemas semióticos também podem ser compreendidos como cibernéticos (Figura 112):

FIGURA 112: A SEMIOSE ILIMITADA DE PEIRCE

Fonte: <http://pensarensignos.wordpress.com/author/pensarensignos/page/8/>

A ideia de semiose ilimitada é totalmente coerente com as características de circularidade presentes nos sistemas cibernéticos, uma vez que permitem com que haja a retroalimentação a partir da circularidade proposta no conceito de signo evolutivo. Para Peirce, os signos são triádicos, compostos pelo representamen (ou veículo do signo), o objeto que está sendo representado e o interpretante (ou a ideia resultante). Quando um signo é interpretado, mais signos são criados, e assim sucessivamente. Mas a cadeia de signos que se formam sucessivamente permite reequilíbrios e ajustes, se lançarmos sobre o processo um olhar cibernético.

Os signos são os componentes básicos de percepção, compreensão, pensamento e comunicação, e o desenvolvimento de Peirce deu origem a todo um sistema de pensamento e lógica. As categorias triádicas atravessaram todo o sistema e se tornaram as categorias de base de mediação do signo e da produção de significados.

Peirce apud Santaella (1998) afirma que a manifestação mais simples de terceiridade, que também significa continuidade, generalidade, síntese, aprendizagem, crescimento, etc., está na noção de signo. Deste modo, signo é um primeiro que põe um segundo, seu objeto, numa relação com um terceiro, seu interpretante. O signo é, portanto, mediação. (SANTAELLA, 1998 p. 37).

De acordo com o filósofo dinamarquês Søren Brier, a Semiótica aborda o processo de conhecimento, perguntando como a significação está ocorrendo em sistemas vivos e tornando possível a percepção e a cognição. A Semiótica de Peirce une os esquemas explicativos de dedução e indução por meio de capturas no processo de semiose. Peirce sugere que olhemos para a semiose triádica como o processo fundamental da realidade. A consciência é construída por sistemas de processos semióticos. (BRIER, 2003).

3.3. A Cibersemiótica: sistemas semióticos de segunda ordem.

Diante dos conceitos até aqui abordados, cabem duas questões a partir da hipótese inicialmente apresentada para a tese e que nos levarão a desenvolver alguns estudos direcionados da Cibersemiótica:

1. Quais são as semelhanças e diferenças entre Cibernética e Semiótica e de que modo estas relações podem formar um campo do conhecimento transdisciplinar?
2. De que modo estas teorias, acopladas e combinadas em outros sistemas, podem apresentar abordagens que influenciem nosso olhar e potencializam nossas estratégias, com foco em processos digitais de projeto?

O desenvolvimento teórico que cria o termo em inglês *Cybersemiotics* (*Cybernetics + Semiotics*), é proposto na virada do século XX para o século XXI por Søren Brier, que apontou algumas possibilidades que a Cibernética ainda não havia considerado, envolvendo especialmente a questão do significado. Para Brier, existem algumas semelhanças muito interessantes entre a Cibernética de Segunda Ordem, a Biologia Cognitiva com base na Autopoiesis, e a Semiótica Peirceana. Mas também existem algumas diferenças interessantes que o levaram à conclusão de que são complementares em muitos sentidos.

Segundo Nöth¹⁹², a Semiótica Peirceana é compatível com a hipótese de a linguagem ser cognitivamente motivada, assim como também é capaz de fornecer base teórica a partir do conceito de signo, para operar dentro dos princípios cognitivistas (NÖTH, 2003).

Assim, se faz necessário estabelecer algumas conexões, assim como entender a origem histórica que acabou por definir a Cibersemiótica, e que teria como ponto de partida duas perspectivas: uma tradição com base matemática, cibernética e sistêmica, e outra com base semiótica, hermenêutica e fenomenológica. Este contexto promoverá a integração das duas posições mencionadas e proporcionará a expansão da compreensão dos fenômenos de comunicação tais como ocorrem nos processos de projeto da arquitetura digital contemporânea, a partir dos desenvolvimentos, tanto da primeira - a Cibernética de Segunda Ordem, como da segunda - a Semiótica de Charles Sanders Peirce.

De acordo com Brier (2003), assim como a Cibernética de Segunda Ordem levou a Cibernética e os sistemas de observação para um outro nível ao incluir o observador no processo, também a

¹⁹² **Winfried Nöth** é professor de Linguística Inglesa e Semiótica na Universidade de Kassel, Alemanha. Fonte: Nöth, 2003.

Biossemiótica¹⁹³ levou a Semiótica a um outro nível, incluindo todos os sistemas vivos no conceito de semiose, abrindo assim caminho para a construção da base Cibersemiótica.

A abordagem transdisciplinar da Cibersemiótica proposta por Brier trabalha, por um lado, fazendo as sinergias entre a Teoria dos Sistemas Sociais de Luhmann e sua base na lógica de distinção de Spencer-Brown¹⁹⁴, a inclusão da teoria de Maturana e Varela de *Autopoiesis*, e a teoria de Heinz von Foerster da Cibernética de Segunda Ordem, e por outro lado, com a Semiótica Peirceana Pragmática, a partir da Biossemiótica de Thomas Sebeok¹⁹⁵ combinada com Lakoff¹⁹⁶ e Lakoff e Johnson, além da Semântica Cognitiva e a Teoria dos Jogos de Linguagem de Wittgenstein¹⁹⁷ (BRIER, 2010).

Brier visa desenhar um mapa que possa incluir uma multiplicidade de pontos que contemplem as várias áreas específicas, conforme citadas, e possibilite integrações e outras abordagens. Sua proposta cibersemiótica busca expandir o diálogo entre as ciências, as humanidades, as ciências sociais, a filosofia e as questões mais amplas envolvendo o conhecimento e o significado.

Porém, a proposta transdisciplinar de Brier é bastante ampla e devido ao nosso interesse especificamente relacionado à Arquitetura e aos processos digitais de projeto, não abordaremos todos os campos e referências indicados por Brier, por julgarmos que suas aspirações são diferentes das nossas. Nosso recorte visa estudar as questões da comunicação presentes em princípios biossemióticos (a partir do conceito da *Umwelt*) para que possamos estabelecer aproximações e analogias possíveis para processos digitais de projeto. Evidentemente não é

¹⁹³ A **Biossemiótica** (do grego *bios* que significa "vida" e *semion* significando "signo / sinal"), é um campo crescente que estuda a produção de ação e interpretação dos sinais do reino biológico, em uma tentativa de integrar as descobertas científicas da biologia e dasemiótica para formar uma Nova visão da vida e do significado de imanescentes elementos do mundo natural. O termo "biossemiótica" foi pela primeira vez utilizado por F.S. Rothschild, em 1962, mas Thomas Sebeok tem feito muito para popularizar o termo e o campo. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Biossemi%C3%B3tica>. Acessado em 09/08/2014.

¹⁹⁴ **George Spencer-Brown** (nascido em 2 de abril de 1923) é um polímata mais conhecido como o autor das Leis da Forma. Ele se descreve como um "matemático, engenheiro consultor, psicólogo, consultor educacional e profissional, consultor psicoterapeuta, escritor e poeta." **Do original em Inglês:** "*George Spencer-Brown (born April 2, 1923) is a polymath best known as the author of Laws of Form. He describes himself as a "mathematician, consulting engineer, psychologist, educational consultant and practitioner, consulting psychotherapist, author, and poet."* Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/G._Spencer-Brown. Acesso em 16/08/2014.

¹⁹⁵ **Thomas Albert Sebeok** (nascido Sebők, húngaro: [ʃɛbøːk], em Budapeste, Hungria, em 09 de novembro de 1920 e morreu 21 de dezembro de 2001, em Bloomington, Indiana) foi um polímata semiótico e linguista americano. **Do original em Inglês:** "*Thomas Albert Sebeok (born Sebők, Hungarian: [ʃɛbøːk], in Budapest, Hungary, on November 9, 1920; died December 21, 2001 in Bloomington, Indiana) was a polymath American semiotician and linguist.*" Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Sebeok. Acesso em 16/08/2014.

¹⁹⁶ **George Lakoff** (24 de maio de 1941) é um professor de Lingüística da Universidade da Califórnia, em Berkeley. Foi um dos fundadores da Lingüística Gerativa dos anos 60 e da Lingüística Cognitiva nos anos 70. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/George_Lakoff. Acesso em 16/08/2014.

¹⁹⁷ **Ludwig Joseph Johann Wittgenstein** (Viena, 26 de Abril de 1889 - Cambridge, 29 de Abril de 1951) foi um filósofo austríaco, naturalizado britânico. Foi um dos principais atores da virada linguística na filosofia do século XX. Suas principais contribuições foram feitas nos campos da lógica, filosofia da linguagem, filosofia da matemática e filosofia da mente. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Wittgenstein. Acesso em 16/08/2014.

nosso objetivo focar nas questões biológicas que compõem a Biossemiótica. Assim, nos aproximamos mais do recorte cibersemiótico proposto por Favareau (2011):

[...] O trabalho de Brier prossegue a partir de uma fundamentação na teoria cibernética de sistemas complexos, adaptativos, tal como desenvolvidos a partir dos modelos de feedback de inspiração mecânica de Norbert Wiener (1894-1964) - ou cibernética "de primeira ordem" - através do observador implicado na "cibernética de segunda ordem" de Gregory Bateson (1904-1980) e Heinz von Foerster (1911-2002) e, mais tarde, uma vez que foi especificamente estendido ao reino biológico por Humberto Maturana (1928-) e Francisco Varela (1946-2001) os conceitos da autopoiese, que é uma tentativa de explicar as maneiras pelas quais um organismo continua se auto-organizando e se auto-mantendo, e ainda permanece estruturalmente acoplado ao seu ambiente. Niklas Luhmann (1827-1998), por sua vez, construiu a partir das ideias de Maturana e Varela uma tentativa de compreender tanto a comunicação social e como a estrutura da psique humana individual, como sistemas autopoieticos conectados em termos de acoplamento estrutural autopoietico inter-penetrativo. (FAVAREAU, 2011 p. 20. Tradução nossa¹⁹⁸).

Especialmente no que diz respeito à comunicação, é preciso estabelecer como ponto de partida que um sistema cibersemiótico deve ser entendido como sistema funcional inserido dentro de outro sistema, que é a sociedade. Luhmann (1997) argumenta que somos compostos de três grandes sistemas autopoieticos fechados:

- Um sistema biológico;
- Um sistema psicológico;
- Um sistema interpessoal sócio- comunicativo.

Para Luhmann, processos de significação combinados com o meio ambiente são vistos como a criação de uma esfera de significação dos objetos significativos, se tomarmos o aparato cognitivo dos sistemas vivos como um sistema a ser observado.

Portanto, a Cibersemiótica explica a comunicação, baseada nos três sistemas autopoieticos de Luhmann: o sistema biológico (segunda dimensão), o sistema psicológico (terceira dimensão) e o sistema social (quarta dimensão), realizando interpenetrações entre eles, de modo a produzir uma esfera significativa individual, no nível pessoal (primeira dimensão), que por si só, não é

¹⁹⁸ **Do original em Inglês:** “[...] Brier’s work proceeds from a grounding in the cybernetic theory of complex, adaptive systems, as it has developed from Norbert Wiener’s (1894-1964) mechanically-inspired feedback models – or “first order” cybernetics – through the observer-implicated “second order cybernetics” of Gregory Bateson (1904-1980) and Heinz von Foerster (1911-2002), and as it has later been extended specifically into biological realm by Humberto Maturana (1928-) and Francisco Varela’s (1946-2001) concepts of autopoiesis, which is an attempt to explicate the ways in which an organism continually self-organizes and self-maintains itself, yet remains structurally coupled to its environment. Niklas Luhmann (1827-1998), in turn, built upon Maturana and Varela’s ideas in an attempt to understand both social communication and the structure of the individual human psyche as autopoietic systems connected in terms of inter-penetrative autopoietic structural coupling.”

relevante em termos de comunicação. Peirce destaca que toda pessoa é, em potencial, um membro da sociedade, mas que tudo o que ela “vê” individualmente e não é compartilhado, é apenas uma espécie de alucinação e não uma experiência de comunicação social. (Peirce CP 5.402).

Brier propõe que quando a Biosemiose é combinada com a Teoria dos Sistemas de Luhmann, a resultante é uma teoria do significado biológico, psicológico e sociológico-cultural. Esta teoria indica que os processos de significação e comunicação funcionam em todos os três níveis em sistemas fechados. Estes sistemas são como caixas pretas¹⁹⁹ um para o outro, e só podem se relacionar através de interpenetrações (BRIER, 2003). Para conceituar estas interpenetrações entre organismos e ambiente – incluindo no caso humano, o ambiente cultural como referência simbólica – Brier incorpora o realismo pragmático de Peirce, o qual é embasado tanto na existência de padrões de realidade de uma mente independente, quanto na *Umwelt* específica do observador, na constituição biológica herdada e adquirida, na história epistemológica, e nas e práticas sociais interpessoais. (FAVAREAU, 2011)

Esta ideia de interpenetração proposta por Brier é compatível (e mesmo equivalente) com o conceito de acoplamentos estruturais presentes na *Autopoiesis* definida por Maturana e Varela²⁰⁰, e que possibilitam a interação entre sistemas e o meio. São estes processos comunicativos entre os sistemas que permitem justamente a organização e a manutenção dos sistemas, e portanto, os acoplamentos estruturais constituem-se na sua própria condição de existência, diferenciação e permanência.

Para Søren Brier,

Maturana e Varela veem sistemas vivos autopoieticos como "fechados" em sua organização temporal e espacial, e reprodução. Eles são apenas "abertos" para o mundo através de seus acoplamentos estruturais para com ele. Os organismos multicelulares são de segunda ordem entre as células, e as sociedades são acoplamentos de terceira ordem entre os organismos. Luhmann transforma isso em uma visão de organizações sociais como sistemas autopoieticos criados pela comunicação... [ainda assim, ele também] conceituou os três níveis biológico, psicológico e sócio

¹⁹⁹ Uma **caixa preta** é um dispositivo, sistema ou objeto que pode ser visto em termos de suas características de entrada, saída e transferência sem qualquer conhecimento do seu funcionamento interno. Sua implementação é "opaca" (preta). Quase tudo pode ser referido como uma caixa preta: um transistor, um algoritmo, ou o cérebro humano. Em cibernética uma caixa preta foi descrita por Norbert Wiener como um sistema desconhecido que está a ser identificado por meio das técnicas de identificação de sistemas. Ele viu o primeiro passo para a auto-organização como sendo aquele ser capaz de copiar o comportamento de saída de uma caixa preta. **Do original em Inglês:** “A black box is a device, system or object which can be viewed in terms of its input, output and transfer characteristics without any knowledge of its internal workings. Its implementation is “opaque” (black). Almost anything might be referred to as a black box: a transistor, an algorithm, or the human brain. In cybernetics a black box was described by Norbert Wiener as an unknown system that was to be identified using the techniques of system identification. He saw the first step in self-organization as being to be able to copy the output behaviour of a black box.” Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Black_box. Acesso em 09/08/2014.

²⁰⁰ Ver item 2.4 do capítulo 2.

comunicativo, e sistemas fechados. Embora todos eles estejam presentes no ser humano e no funcionamento entre eles, não há nenhuma "conexão interna" direta entre eles. (BRIER, 2001 p. 798-799. Tradução nossa²⁰¹).

A proposta cibersemiótica de Brier, visa compreender estes processos de interpenetração e as possibilidades que os acoplamentos estruturais permitem nesta comunicação entre sistemas, estabelecendo relações de significado, a partir do desenvolvimento de cadeias de sistemas de signos, de acordo com o conceito de semiose ilimitada de Peirce.

Søren Brier complementa:

O conceito de "acoplamento estrutural" é único para a autopoiese, embora o conceito de "coisas como valores próprios cognitivos" de von Foerster seja próximo, e von Uexküll tenha proposto uma vaga ideia do mesmo. O acoplamento estrutural parece ser o pré-requisito para a geração de valores próprios cognitivos que tornam objetos cognitivos possíveis. O acoplamento estrutural é necessário para a construção repentina de padrões que contaminam o significado no campo perceptivo, tais como "estímulos de signos" no paradigma etológico da cognição animal, na comunicação e no comportamento. (BRIER, 2003, p03 tradução nossa²⁰²).

Acoplamentos estruturais poderiam ser definidos, portanto, como interpenetrações através das quais um sistema utiliza elementos de outro para operar seus próprios processos de comunicação.

De acordo com Neves (2005), o acoplamento estrutural não é apenas uma perturbação que um sistema promove em outro, mas também um mecanismo auxiliar no funcionamento das operações deste sistema, e o significado será construído apenas dentro do próprio sistema em que foi realizado o processo significativo, de modo independente do sistema original.

Pelo acoplamento estrutural um sistema pode se relacionar com outros sistemas altamente complexos do ambiente que o envolve, sem que precise alcançar ou reconstruir cognitivamente sua complexidade, mas apenas operacionalmente relacionar-se com os elementos do outro sistema, a fim de colocar em operação seus próprios elementos. Assim, um sistema pode utilizar estruturas mais avançadas do que as suas próprias sem a necessidade de compreender as suas lógicas de funcionamento. (NEVES, 2005 p. 55).

²⁰¹ **Do original em Inglês:** "Maturana and Varela see autopoietic living systems as "closed" in their spatial and temporal organization and reproduction. They are only "open" to the world through their structural couplings with it. Multicellular organisms are second order among cells, and societies are third order couplings among organisms. Luhmann turns this into a view of social organizations as autopoietic systems created by communication... [yet, he too] has conceptualized the three biological, psychological and socio-communicative levels and closed systems. Although they are all present in the human being and functioning between them, there is no direct "inner connection" between them."

²⁰² **Do original em Inglês:** "The concept of 'structural coupling' is unique to autopoiesis, although von Foerster's concept of 'things as cognitive eigenvalues' is close to that and von Uexküll has a more vague idea of the same. Structural coupling seems to be the prerequisite for generating cognitive eigen values which make cognitive objects possible. Structural coupling is necessary for the sudden construction of patterns that attain meaningfulness in the perceptual field, such as the 'sign stimuli' in the ethological paradigm of animal cognition, communication and behavior".

O autor sugere ainda que os acoplamentos estruturais possuem um papel importante na evolução dos sistemas, pois as interpenetrações produzem em ambos os sistemas acoplados, novas informações e estímulos que modificam o fluxo estrutural original de cada um deles.

Deste modo, podemos retomar e avançar sobre a ideia geral da concepção cibersemiótica proposta por Brier e que, de acordo com Favareau²⁰³ (2011), é construída em cinco níveis:

(1) um nível de Primeiridade Peirceana ['diferença' cibernética], (2) um nível de matéria mecânica, energia e força [Segundidade Peirceana], (3) um nível termodinâmico e cibernético de informação [Terceiridade Peirceana], um nível de jogos de signos [tanto evolutivos quanto ontogenéticos], e (5) [em humanos], um nível consciente de jogos de linguagem. (FAVAREAU, 2011 p. 24. Tradução nossa²⁰⁴

Para o autor, Peirce propõe que estes níveis, ontológicos, biológicos, culturais, comunicativos e fenomenológicos, exploram possibilidades de interpenetração em múltiplos sistemas autopoieticos nos quais os organismos encontram-se imersos e onde a partir destas esferas de significação, os significados podem emergir.

Assim, propormos considerar que a síntese transdisciplinar integradora da Cibersemiótica compreende, de modo geral, dois paradigmas transdisciplinares:

1. A segunda ordem - abordagem cibernética e autopoietica reunidas na teoria dos sistemas autopoieticos de Luhmann de comunicação social;
2. a Semiótica triádica peirceana, pragmática, evolucionária, com uma abordagem semiótica do significado, baseada em um mundo fenomenológico de processos sîgnicos triádicos de auto-organização em um mundo experiencial significativo.

Os dois universos são integrados através da inserção do desenvolvimento moderno de uma teoria da informação e de auto-organização, que leva em conta fenômenos químico-biológicos emergentes, como um aspecto da evolução, posposta pela Semiótica Geral de Peirce.

Isto cria um quadro Cibersemiótico onde os processos evolutivos experienciais e processos sîgnicos se tornam a realidade, na qual nossas concepções de nós mesmos e do mundo, a ação, o significado e a comunicação são construídos. Nenhum dos resultados da ciência exata, da

²⁰³ Don Favareau é professor associado na *National University of Singapore*, no *University Scholars Programme*, onde atua nas áreas de Neurobiologia da Linguagem, Filosofia e Linguística Aplicada. Fonte: <http://www.usp.nus.edu.sg/highlights/2014/don-favareau-professor-with-unlikely-history.html>. Acesso em 16/08/2014.

²⁰⁴ **Do original em Inglês:** “(1) a level of Peircean Firstness [cybernetic 'difference'], (2) a level of mechanical matter, energy and force [Peircean Secondness], (3) a cybernetic and thermodynamic level of information [Peircean Thirdness], a level of sign games [both evolutionary and ontogenetic], and (5) [in humans], a level of a conscious language games.”

biologia, das ciências humanas ou das ciências sociais é considerado pela proposta cibersemiótica. Todas as abordagens são igualmente importantes e, portanto, necessitam ser reunidas em uma teoria transdisciplinar da informação. O diagrama da Estrela Cibersemiótica (Figura 113), proposto por Brier (2008), ilustra esse quadro ao mesmo tempo em que alerta para o fato de que a discussão sobre o conhecimento transdisciplinar é realizada em um discurso com outras consciências incorporadas e linguisticamente comunicadas, tanto em uma *Umwelt* natural como cultural.

FIGURA 113: ESTRELA CIBERSEMIÓTICA

FONTE: <http://glossarium.bitrum.unileon.es/glossary/cybersemiotics>

De acordo com Brier (2008), as quatro pontas da estrela transdisciplinar cibersemiótica, conforme a figura acima, representam a concepção cibersemiótica da realidade e a observação de suas dimensões epistemológicas. Começando pela ponta da esquerda e de baixo, denominada “energia” e onde lê-se a inscrição “Big Bang/cosmologia”, Brier atribui a este domínio a natureza físico-química da realidade. O tópico dessa dimensão visa tratar da matéria, da energia e da informação em uma cosmologia a partir do Big Bang. Acima e também à esquerda, a ponta “vida”, onde lê-se a inscrição “evolução orgânica”, tem-se o domínio do viver e do incorporar e baseia-se em vida e em sistemas vivos em evolução orgânica, a partir da própria evolução das espécies. Na sequência, também acima e à direita, a ponta “consciência”, onde lê-se a inscrição “desenvolvimento existencial”, tem-se o domínio do mundo mental interno, visando definir a consciência e a vida interna em um desenvolvimento existencial pessoal. Por último, abaixo e à direita, a ponta “significado”, onde lê-se a inscrição “história da

cultura”, tem-se o domínio da sociedade e da linguagem, a dimensão do significado na história da cultura. BRIER (2008, p. 360-364).

As pontas representam, na verdade a perspectiva evolutiva do desenvolvimento gradual do passado para o presente, num tempo irreversível, em direção ao centro da estrela.

Ao centro da estrela, as pontas se unem e formam um retângulo que por sua vez contém um círculo. O retângulo representa a realidade presente como a vemos, ou o nosso universo de conhecimento e visão de mundo, nas suas quatro dimensões. Brier sugere em outra definição, que o retângulo possa ser a *Umwelt* humana (de acordo com von Uexküll) a partir de nossos objetos imediatos (de acordo com Peirce).

O círculo representa o sistema observado, com pessoas e mentes incorporadas interagindo. Isto é indicado por setas circulares legendadas como linguagem e consciência. O sistema observado (o círculo) está localizado dentro de nosso universo de conhecimento e discurso (o retângulo), por consequência, o sistema observado é parte de outro sistema observado, fazendo alusão à Cibernética da Cibernética ou Cibernética de Segunda Ordem. O retângulo, por sua vez, enquanto universo de conhecimento e discurso, representa também uma esfera de significação científica.

Internamente ao círculo - o sistema observado - podemos notar duas figuras humanas, um homem e uma mulher, observadores e comunicadores, talvez representando (aqui especulamos) a universalidade do conhecimento humano.

A estrela cibersemiótica apresenta uma distinção, com princípios da ontologia e da epistemologia. O mesmo fenômeno pode negociar em várias dimensões. Todos os quatro domínios são relevantes para a apreensão da totalidade humana, especialmente em relação à sua evolução e à sua capacidade de comunicação.

Para concluir, podemos afirmar que assim como a importância da interpenetração nos sistemas autopoieticos trata da busca pela compatibilidade entre Cibernética de Segunda Ordem e a Semiótica de Peirce, a centralidade da questão da interpretação simbólica fundamenta o observador em ambas as áreas. Ambas são baseadas na fenomenologia da experiência, ou seja, a experiência de observar. A Cibernética de Segunda Ordem se opõe à noção de que o ambiente estimula nosso sistema nervoso de modo a que ele construa apenas uma representação desse próprio ambiente. Ao contrário, ela propõe que nós negociamos com este ambiente através da interação (autoregulação, *feedback loops*, etc.). As interpretações se fazem necessárias na medida em que entradas e saídas de informação são limitados pelo fechamento estrutural que, à priori, torna o sistema nervoso autônomo para iniciá-las, mas sem a qual o sistema torna-se insuficiente do ponto de vista operacional para promover as trocas assegurando a capacidade de significação.

A Cibernética de Segunda Ordem incluiu o observador nos sistemas observados. Uma Cibernética da Cibernética, como desejava von Foerster. Sistemas observados poderiam ser classificados como máquinas triviais, onde *inputs* determinam os *outputs*. Entretanto, sistemas de observação quando sistemas vivos, nunca serão máquinas triviais. Para a Cibersemiótica, a distinção proporcionada pela segunda ordem é justamente pode conceber sistemas semióticos, os quais dependem das influências do ambiente a partir de sistemas cognitivos. A interpretação e a manipulação dos significados, mais do que *input*, passa a ser uma característica dos sistemas observados.

Portanto, verifica-se que os paradigmas da comunicação são fundamentais para que arquitetos e designers compreendam a lógica dos computadores, das relações humano-algorítmicas, da importância da parametrização, da bio-inspiração e dos processos generativos da arquitetura digital, assim como da internet e dos atores interligados em redes, que constituem agora parte essencial nos métodos criativos contemporâneos.

Reiteramos, deste modo, que apesar de encontrar-se em um estágio inicial de evolução, acreditamos que a Cibersemiótica, enquanto teoria concebida e desenvolvida para promover a transdisciplinaridade, pode proporcionar outros olhares e reflexões atualizadas abrangentes, no sentido de produzir uma estrutura cibersemiótica tanto para análise, que será realizada a seguir, como para processos digitais de projeto.

3.4. Análise de projetos a partir da Cibersemiótica: base metodológica e critérios.

Com o objetivo de lançar outros olhares sobre os processos digitais de projeto, utilizaremos uma chave de leitura que complementa as análises e estudos que já vínhamos desenvolvendo nos capítulos 1 e 2, colocando-nos como observadores de segunda ordem das mesmas arquiteturas, porém com outros critérios e procedimentos de análise. Acreditamos que neste momento, uma estrutura de análise, ainda que em caráter indutivo, permite a exemplificação de como a Cibersemiótica pode contribuir com outros olhares em relação a processos digitais de projetos já realizados.

Søren Brier propõe que a base da fundamentação cibersemiótica, emana da pesquisa relacionada à cognição tradicional e da sua visão a partir de uma descrição científica das culturas, das espécies e das máquinas. Muitas vezes, esta visão é acompanhada por uma crença de que um programa de processamento de informação algorítmica ou módulo é encontrado em

ambos, cérebro e máquina. (BRIER, 2008). Baseado em Lakoff (1987), Brier aponta, dentre outras questões, que o pensamento é a manipulação mecânica de símbolos e que, em princípio, a mente poderia ser concebida como uma máquina que manipula símbolos como fazem os computadores, em essência, a partir da computação algorítmica. Os símbolos que correspondem ao mundo externo seriam, na verdade, representações internas de uma realidade exterior.

Segundo Lakoff apud Brier (2008):

O pensamento é lógico no sentido técnico estrito utilizado pelos filósofos lógicos; Ou seja, ele pode ser modelado com precisão por sistemas do tipo usado na lógica matemática. Estes sistemas são símbolos abstratos definidos pelos princípios gerais de manipulação de símbolos e mecanismos para interpretar símbolos já disponíveis de 'modelos do mundo'. (LAKOFF apud BRIER, 2008 p. 296, tradução nossa²⁰⁵).

Porém, Brier argumenta que apesar desta lógica ter ajudado a conceituar e fundamentar as bases da Inteligência Artificial (AI) no final do século passado, este paradigma é limitado por desconsiderar as contribuições da biologia moderna, especialmente relacionadas à ecologia e à evolução, e que caracterizaram que os seres vivos produzem e manifestam conhecimento em sistemas autopoiéticos, baseados em experiências com a natureza acumuladas em bilhões de anos.

Ainda de acordo com Brier (2008), tanto Peirce, como os etologistas e os pesquisadores da Cibernética de Segunda Ordem e da *Autopoiésis* têm em comum abraçar esta perspectiva biológica, que considera a ecologia e a evolução. O autor propõe também o conceito de esquemas-imagens cinestésicos, estruturas comunicativas relativamente simples que ocorrem no nosso dia-a-dia, para possibilitar a categorização de nossas experiências:

Esquemas-imagens cinestésicos devem ser entendidos como esquemas gestalt através dos quais se percebe o mundo como é definido a partir de categorias de nível básico, e percebidos como alguém posteriormente age neste mundo vivo. Conceitos de nível básico são fundamentados em incorporação; Esquemas-imagens cinestésicos são corporeamente compreendidos e transferidos através metáforas, metonímias e estruturas radiais [...] Esquemas-imagens cinestésicos servem como arquétipos pré-conceituais. Eles podem ser utilizados para compreender ocorrências fenomenológicas complicadas e não totalmente compreendidas. Eles são na maioria das vezes de natureza espacial. Entendemos o mundo fenomenológico na forma como nos movemos

²⁰⁵ **Do original em Inglês:** "Thought is logical in the narrow technical sense used by philosophical logicians; that is, it can be modeled accurately by systems of the sort used in mathematical logic. These are abstract symbols systems defined by general principles of symbol manipulation and mechanisms for interpreting such symbols of 'models of the world'".

corporeamente em torno dele, e usamos Esquemas-imagens cinestésicos para sistematizar e categorizar o mundo em objetos de nível básico. (BRIER, 2008 p. 302, tradução nossa²⁰⁶).

A partir do conceito acima, podemos afirmar que de um ponto de vista semiótico, os esquemas-imagens cinestésicos podem configurar-se em importantes ferramentas para aprimorar nossa capacidade mental para melhor entender as relações entre signo e objeto, constituindo assim, um mecanismo fundamental para que possamos construir nossos interpretantes (Brier, 2008).

De um ponto de vista cibersemiótico, nos interessa como ponto de partida o conceito de metáfora, entendida como a estrutura central de um pensamento, e que possibilita a projeção desta estrutura de um ambiente para outro. Esta noção de como o pensamento funciona e como pode ser transmitido a partir do interpretante é justamente o nível que potencializa e habilita os acoplamentos estruturais para adquirirem a capacidade qualitativa em relação às trocas e comunicações diferentes entre sistemas. A metáfora, remete ao conceito de ícone, conforme definido pela Semiótica de Peirce.

Conforme apontamos em Alves (2009), Nöth (2003) apresenta uma tabela que organiza as tricotomias do signo propostas por Peirce, na sua relação com as categorias fenomenológicas:

Tricotomias	I	II	III
REPRESENTAMEN	Relação ao	Relação ao	
Em si	OBJETO	INTERPRETANTE	
PRIMEIRIDADE	QUALI-SIGNO	ÍCONE	REMA
SEGUNDIDADE	SIN-SIGNO	ÍNDICE	DICENTE
TERCEIRIDADE	LEGI-SIGNO	SÍMBOLO	ARGUMENTO

TABELA 01 – CLASSIFICAÇÃO DOS SIGNOS
FONTE: NÖTH, 2003

²⁰⁶ **Do original em Inglês:** “kinaesthetic image-schemas should be understood as gestalt schemas through which one perceives the world as defined basic-level categories, and perceives how one subsequently acts in this life world. Basic-level concepts are grounded in embodiment; kinaesthetic image-schemas are understood bodily and transferred through metaphors, metonymies, and radial structures [...] Kinaesthetic image-schemas serve as preconceptual archetypes. They can be used to comprehend complicated and not fully understood phenomenological occurrences. They are most often of a spatial nature. We understand the phenomenological world in the way we bodily move around it, and we use kinaesthetic image-schemas to systematize and categorize the world into basic-level objects.”

De acordo com Ghizzi (2005), o pensamento arquitetônico está inserido em um tipo de raciocínio que age por meio de símbolos. O ícone, é um tipo de signo ligado a qualidade em um nível básico em termos de percepção, e que portanto, precede o símbolo. De acordo com Peirce, possui características da Primeiridade, das qualidades puras, conforme abordado anteriormente. O ícone ocupa um papel importante em relação a processos de projeto. Para Ghizzi (2005), um ícone pode ser de três tipos: imagem, diagrama e metáfora, e é justamente o diagrama, nosso segundo foco de interesse, a partir de um ponto de vista cibersemiótico.

Segundo Ghizzi,

Um desenho, como um diagrama, tem uma parte imagem, responsável pela analogia do desenho com o todo da ideia, mas é sua parte diagrama, a responsável pela visualização do modo como o desenho organiza ou estabelece relações entre as 'partes' da ideia (dos elementos do problema/projeto). (GHIZZI, 2005. p. 79).

A autora define ainda, que um ícone do tipo diagrama é para a Semiótica de Peirce, um tipo geral de signo que não fica restrito aos tipos de desenho utilizados em arquitetura, mas que se constitui em um processo de pensamento, um tipo de raciocínio que poderia também ser definido como dedutivo, uma vez que parte de uma hipótese em busca de confirmações.

Muitos pesquisadores brasileiros atualmente dedicam-se ao estudo da importância do pensamento diagramático para a processos de projeto. Rovenir Duarte²⁰⁷ (2012), destaca que não há nenhuma novidade no uso do diagrama na história da Arquitetura, porém este parece estar assumindo um papel mais importante no cenário da representação e geração do conhecimento arquitetônico do que o desenho tradicional. Propõe ainda a formulação de que “um diagrama não é um modelo e sim um fluxo, uma complicação da realidade dentro da própria capacidade de explicá-la e de desdobrá-la constantemente, uma ferramenta conceitual de natureza algorítmica.” (DUARTE, 2012).

²⁰⁷ **Rovenir Bertola Duarte** possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual de Londrina (1994) e mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo - SP (2001). Atualmente é professor assistente da Universidade Estadual de Londrina (desde 1996) em licença para doutoramento na Universitat Politècnica de Catalunya - Barcelona. É membro da Comissão Científica da Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital (SIGRADI) e professor orientador licenciado do Escritório Modelo OCAS UEL. Fonte: <http://lattes.cnpq.br/9399305726227880>. Acesso em 16/08/2014.

Scheeren²⁰⁸ e Sperling²⁰⁹ (2013) indicam que o diagrama não é um simples desenho, mas sim, um dispositivo gráfico e representacional e que [...] “é capaz de transmitir o pensamento do autor através de informações, constituindo ferramenta para atingir certa condição estruturada que contenha características inerentes à distintas representações.” (SCHEEREN e SPERLING, 2013 pp.262-263).

De um ponto de vista histórico, cabe também destacar que segundo Veloso²¹⁰ e Pratschke (2013), na segunda metade do século XX eram notórias duas abordagens a respeito dos diagramas ligados ao projeto arquitetônico. A primeira, com influências da Semiologia e do Pós-estruturalismo, e a segunda, com bases na Cibernética e na Teoria da Informação. Segundo os autores, “ambos os domínios afastavam o projeto da intervenção autográfica e subjetiva do projetista, interessando-se em compreender a arquitetura como processo pautado em regras subjacentes de funcionamento.” (VELOSO e PRATSCHKE, 2013 p. 353). Nos parece evidente a presença da circularidade e da retroalimentação propostas pelo pensamento cibernético nos processos diagramáticos utilizados de modo geral nos projetos arquitetônicos.

Assim, mantendo como referência a classificação dos signos proposta por Peirce, apresentamos um diagrama estruturado (Figura 114) destacado por Brier (2008), e que nos servirá como modelo para análise de projetos proposta para este capítulo:

²⁰⁸ **Rodrigo Scheeren** é bacharel em Filosofia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, graduando em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário Ritter dos Reis e Centro Universitário Central Paulista, e mestrando no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP em Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo. É membro do Núcleo de Estudos das Espacialidades Contemporâneas (NEC.USP) no qual desenvolve pesquisa em processos de projeto na Arquitetura Contemporânea, representação e interfaces entre arte, filosofia e arquitetura. Fonte: <http://lattes.cnpq.br/7753168937871460>. Acesso em 31/10/2014.

²⁰⁹ **David Moreno Sperling** é Professor-doutor do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP e pesquisador do Núcleo de Estudos das Espacialidades Contemporâneas (NEC.USP). Graduado e mestre em Arquitetura e Urbanismo (Área de Tecnologia do Ambiente Construído) pela Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo e doutor em Arquitetura e Urbanismo (Área de Projeto, Espaço e Cultura) pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo. Membro do CEI da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGraDi) e curador da meta-curadoria Abstração do Instituto de Estudos Avançados da USP. Atua principalmente com os seguintes temas: espaço, tecnologia e cultura, interfaces entre arquitetura e arte contemporâneas. Fonte: <http://lattes.cnpq.br/9764445070503572>. Acesso em 31/10/2014.

²¹⁰ **Pedro Luís Alves Veloso** é Arquiteto e Urbanista formado pela FAUUnB (2006, Brasília, Brasil) e mestre pelo programa de pós-graduação da FAUUSP (São Paulo, Brasil). Como professor e pesquisador, investiga os sistemas de representação, a formulação de novas concepções espaciais e a propagação da tecnologia da informação na prática contemporânea. Atua em diversas frentes, como a teoria de projeto, a geometria complexa, a fabricação digital, a modelagem paramétrica e o scripting, desenvolvendo uma aproximação construtivista entre espaço e representação. Atualmente inquire sobre as divergências entre as abordagens intuitivas e gerativas de projeto e suas possíveis hibridações. Fonte: <http://lattes.cnpq.br/7687307834235922>. Acesso em 16/08/2014.

FIGURA 114: CLASSIFICAÇÃO DO ÍCONE
 FONTE: BRIER, 2008.

A partir da classificação peirceana dos **ícones** em imagens, diagramas e metáforas, Brier acrescenta as seguintes definições, por nós traduzidas:

- **Imagens:** semelhanças com imagem, som ou fotografia;
- **Diagramas:** representações simbólicas de objetos relacionados racionalmente. Tipo são manifestados materialmente como símbolos de representação;
- **Metáforas:** signos mapeados ou conceitos da área da experiência ou domínio do conhecimento para outros que frequentemente é mais abstrato.

A análise que será apresentada a seguir, fez parte de um exercício praticado em sala de aula e realizado em maio de 2014, na disciplina “Cultura Digital e Processos Paramétricos de Projeto”, com alunos do Curso de Pós-Graduação em nível de Especialização, “Abordagem Contemporânea na Arquitetura e na Cidade”²¹¹, no Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMS – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Como professor e, portanto, propositor do *design* do exercício de análise, parti da ideia inicial de me colocar como um observador de segunda ordem, tanto na retroalimentação da dinâmica realizada em sala de aula durante um período de 15 horas/aula, observando e sendo observado

²¹¹ Site do curso: <http://posgrad.wix.com/abordagem>.

pelo grupo, influenciando e ao mesmo tempo sendo influenciado, como analisando as análises que o grupo realizou.

Levando em conta discussões prévias relacionadas aos temas previstos para serem abordados na disciplina, entre eles processos de projeto com mediação digital, e levando também em conta fundamentos básicos envolvendo conceitos Cibersemióticos, foi solicitado ao grupo de arquitetos e urbanistas que participaram da disciplina que, considerando as características da Primeiridade, conforme proposta por Peirce, preenchessem uma tabela sobre os projetos que vínhamos analisando sob outros aspectos, nos capítulos 1 e 2, utilizando as seguintes recomendações:

- Observar que as obras analisadas, possuem características de iconicidade, e que muitas delas tornaram-se símbolos, por força de determinadas leis que acabaram gerando.
- Observar as descrições das obras na coluna da esquerda e também a foto de cada uma delas proposta para representá-la na tabela.
- Representar um diagrama, que possa significar a obra analisada, seu processo ou mesmo seu resultado.
- Descrever em poucas linhas, qual seria a metáfora que pudesse significar a obra analisada, seu processo ou mesmo seu resultado.

Apresentaremos apenas a síntese das expressões apuradas com o exercício, para que possamos sistematizar os resultados da experiência de modo científico e dele retirar conclusões e fundamentações para o método cibersemiótico de análise proposto.

ÍCONE	IMAGEM	DIAGRAMA	METÁFORA
		análise cibernética	análise semiótica
Phillips pavilion Expo Brussels 1958 Iannis Xenakis e Le Corbusier		<p>arquitetura dos sentidos</p>	<p>“Um turbilhão de sensações.”</p> <p>“Panos abertos para uma experiência concreta.”</p>
German pavilion Expo Montreal 1967 Frei Otto		<p>resposta à influência estrutural</p>	<p>“Cadeia de Montanhas flexíveis.”</p> <p>“O grande vão da tenda de circo, que abriga, conforta e diverte.”</p>
Muscle Body 2005 Hyperbody			<p>“Infinitos infinitos responsivos. “</p> <p>“Conteúdo contido na continuidade da estrutura. “</p>
[c]space pavillion 2008 AA DRL Alan Dempsey and Alvin Huang		<p>fluxo/passagem</p>	<p>“Concha, centro, proteção.”</p> <p>“Pausa no percurso/tempo. “</p>

Endesa pavilion 2011 laaC			<p>“Pétalas da flor que procura a luz para sobreviver. “</p> <p>“Resposta a estímulos naturais para garantir a sustentação do organismo. “</p>
Strings pavilion 2011 AA Visiting Scholl SP			<p>“Arquitetura viva, responsiva. “</p> <p>“Movimentos peristálticos; expansão/retração. “</p> <p>“Regras simples gerando complexidade. “</p>
Supple pavilion 2011 AA Visiting Scholl SP			<p>“Mão humana curvada e apoiada sobre os dedos. “</p> <p>“Sistema estrutural visando dar sustentação ao conjunto. “</p>
Supple Rio 2012 AA Visiting Scholl RJ			<p>“Movimento, materialidade e estrutura. “</p> <p>“Regras simples gerando complexidade. “</p>
Parc Güell Antoni Gaudi 1900-1924			<p>“Um rio cujo leito recebe as contribuições de seus afluentes, reforçando seu fluxo e ganhando força. “</p> <p>“Mimetização de elementos da natureza a partir de um conjunto de regras de organização. “</p>

Virtual House Peter Eisenman 2007			<p>“Um cubo mágico, que se reorganiza em função de códigos; quem não entende sua lógica compositiva, não compreende a solução.”</p>
D-Tower NOX 1999-2004			<p>“Um organismo vivo programado para coletar e transmitir sensações.”</p> <p>“Uma água-viva que evidencia o estado de espírito das pessoas através das cores.”</p>
BlobWall Greg Lynn 2006-2008			<p>“Um Lego mais orgânico.”</p> <p>Reinterpretação do tijolo ou do bloco visando outras possibilidades para paredes e fechamentos.”</p>
iSAW Kokkugia 2007			<p>“Redes de neurônios e sinapses.”</p> <p>“Espaço intersticial resultante de redes de complexidades.”</p> <p>“Queijo-suíço.”</p>
Taichung Opera House Toyo Ito 2009			<p>“Tubulações e conexões; espaços contínuos e fluidos.”</p> <p>“A porosidade de uma esponja.”</p>

Knitectonics Chaturvedi, Colmenares, Mundim. 2011		<p>fabricação digital</p>	<p>“Pilar-cogumelo.”</p> <p>“Releitura da função estrutural do pilar a partir da materialidade que proporciona a forma.”</p>
Silk Pavilion Neri Oxman MIT 2013		<p>bicho-da-seda</p>	<p>“A atividade dos bichos-da-seda como agentes do processo de produção da espacialidade.”</p> <p>“Passagem da bio-inspiração para a bio-produção de um espaço arquitetônico.”</p>

Mais do que analisar o resultado em si, nos interessou verificar a validade da experiência como um método de análise cibersemiótico possível de ser aplicado. Como discutimos anteriormente, a Representação, de um ponto de vista semiótico, pode fornecer uma base para a relação entre a Cibernética de Segunda Ordem e a Semiótica de Peirce. As discussões acerca de qualidades icônicas também estão presentes em níveis de reflexão cognitivos na teoria Cibernética de Segunda Ordem. Varela (1979) aponta que o sistema nervoso interpreta deformações para si mesmo e que são resultantes de sua interação com o sistema. Estas deformações, sob certo aspecto, assemelham-se muito à noção de signo proposta pela Semiótica Peirceana, no sentido de algo que substitui ou está no lugar de outro algo.

Porém a significação não é apenas a simples relação entre um signo e o objeto ao qual este se refere. O signo somente pode significar por meio de um processo interpretativo, e portanto o interpretante faz parte do signo. Como consequência, poderíamos sugerir em uma concepção cibernética, que a rede semiótica de sucessivos processos de interpretação é o que cria significado.

De qualquer modo, os símbolos facilitam e potencializam nossa habilidade para comunicar sobre nossas observações, pois eles pertencem ao observador e não ao sistema observado. Como vimos, de um ponto de vista cibernético, um fenômeno e a observação de um fenômeno são coisas distintas. A proposta do exercício realizado tem mais a ver com assumir a postura de que

os ícones (diagramas ou metáforas) podem ser usados para computar modos de como interagir com o ambiente, no caso o ambiente construído, mais do que os próprios significados que os participantes propuseram e comunicaram em suas interações. Esta estratégia, possibilitou a emergência de uma espécie de sistema redutor, que permitiu a observação de vários níveis de informação, e assim, o resultado foi um procedimento analítico que pensamos ter captado, para além da mera aparência, uma estrutura que é parte da essência dos projetos observados.

Assim acreditamos que a questão da interpretação, juntamente com as possibilidades de interpenetração, torna-se central na busca pela compatibilização entre aspectos cibernéticos e semióticos para a configuração de um método cibersemiótico que possa potencializar processos digitais de projeto, o qual será objeto de estudo na segunda parte desta tese.

Considerações sobre o Capítulo 3

Neste capítulo procuramos caracterizar a Cibersemiótica a partir da proposta filosófica de Søren Brier, mas sobretudo, a partir dos dois campos do conhecimento que a constituem em sua essência, a Cibernética de Segunda Ordem e a Semiótica de Peirce. Analisamos aspectos históricos e definições relevantes, no sentido de contextualizar sua importância para a sociedade contemporânea especialmente no que toca à questão da comunicação, assim como procuramos destacar aspectos que pudessem fornecer fundamentação para nossas discussões relacionadas à Arquitetura e Urbanismo e ao recorte proposto para a tese, em processos digitais de projeto.

A ampla proposta transdisciplinar de Brier, serve de parâmetro justamente para esta contextualização e para a caracterização da relevância que a Cibersemiótica poderá assumir em termos científicos e de compreensão do comportamento dos sistemas, seres vivos ou máquinas, mas por outro lado, também nos demonstrou a necessidade de definirmos a partir de nosso objeto de estudo, aqueles fundamentos que se aplicam diretamente ao nosso objeto de pesquisa.

Conforme discutimos anteriormente, acreditamos que os processos digitais de projeto, por seu recente desenvolvimento, ainda relativamente restrito em sua aplicação efetiva na produção arquitetônica atual, estejam deste modo ainda em níveis de aprofundamento preliminares, em termos de reflexões sobre os caminhos e possibilidades a serem tomados a partir de agora. Nossa abordagem foi guiada pelo propósito de avançarmos para além das questões mais básicas

do *design digital*, geralmente relacionadas à busca da forma a partir das potencialidades oferecidas pelos *software*. Nesse sentido, também procuramos nos distanciarmos respeitosamente da concepção Deleuziana e das aproximações já realizadas por vários pesquisadores, como por exemplo, Manuel DeLanda e suas proposições sobre algoritmos genéticos com base nos conceitos de rizoma e de pensamento intensivo e topológico.

As relações propostas pela Cibersemiótica e que incluem vários campos de conhecimento, abordam questões absolutamente fundamentais e que a nosso ver não deveriam ser desconsideradas dentro de processos digitais de projeto, como por exemplo, contribuições da Biologia - a noção de Umwelt e Autopoiésis - as quais estão diretamente ligadas aos algoritmos genéticos e, portanto à arquitetura generativa. As relações matemáticas e geométricas possuem funções comunicativas de ordem tanto Cibernética quanto Semiótica. A noção sistêmica da Cibernética e a sua revisão inclusiva de Segunda Ordem, que possibilita uma abordagem reguladora em busca do equilíbrio dos sistemas, sistemas estes que podem ser simulados em ambiente digital e assim criar uma dimensão híbrida de auto regulação. Ou ainda, a capacidade de qualificação em termos de significado para as trocas realizadas a partir das interpenetrações ou acoplamentos estruturais. Estes são alguns exemplos, dentre várias situações possíveis, e que foram tratadas ao longo deste capítulo, juntamente com uma aplicação prática de método de análise de projetos, e que prepararam o lastro teórico para que possamos na segunda etapa do trabalho, a ser apresentada a seguir, propor algumas estratégias em termos de processos digitais de projetos levando em consideração também, o tratamento das entradas (inputs) de projeto com características de colaboração e interatividade, em uma abordagem que vise tornar-se cada vez mais de baixo para cima.

CAPÍTULO 4

[OUTROS PARÂMETROS: POR UMA ARQUITETURA
MAIS INTERATIVA A PARTIR DA MEDIAÇÃO DIGITAL]

Introdução

O uso de computadores e de jogos computacionais tem promovido significativamente o uso de valores numéricos como representação de ideias. Ao apertar um botão, por assim dizer, as escolhas de projeto são convertidas para uma quantidade de diferentes parâmetros, o que permite que o potencial para melhorias que possam ser implementadas em outros contextos torne-se mais visível e eficiente dentro do processo de projeto. De um ponto de vista pragmático, ninguém esperaria que um valor representasse um edifício, mas seria razoável aceitar que, dentro de uma estrutura definida, um valor representasse um determinado aspecto de uma construção. Portanto, cada nível de representação e indexação permite uma abordagem diferente em uma rede de conexões diferentes, que poderiam, por sua vez, ser concebidos como jogos interativos que possibilitam interpretações exclusivas, na tradução dos números para ideias.

Bart Lootsma²¹² afirma que os meios digitais e especialmente os recentes desenvolvimentos no campo dos jogos computacionais estão influenciando significativamente o modo como ampliamos as possibilidades de experienciar as cidades (LOOTSMA, 2007). Seria então, a colaboração em rede, somadas à potencialidade dos jogos eletrônicos *on line* e em tempo real, uma possibilidade significativa para os processos digitais de projeto?

Partimos da premissa de que processos digitais de projeto podem adquirir qualidades interativas, e portanto, expressar cada vez mais demandas coletivas. Ainda que talvez nunca se atinja uma estratégia cem por cento do tipo *bottom-up* (de baixo para cima), em função de nossa capacidade intuitiva, e também porque em algum momento é necessário existir um responsável pela tomada de decisão, acreditamos que à medida que os processos se tornem menos do tipo *top-down* (de cima para baixo), estaremos dando um grande passo em direção à processos mais interativos e mais comprometidos com valores sócio-culturais coletivos.

²¹² **Bart Lootsma** (nascido em 1957 em Amsterdã, Holanda) estudou arquitetura na Universidade de Tecnologia de Eindhoven, durante 1975-1984. Ele é um historiador, crítico e curador nas áreas de arquitetura, design e artes plásticas. Ele oferece a cadeira de teoria da arquitetura na Universidade Leopold-Franzens de Innsbruck e também é professor do Instituto de História, Teoria e Crítica de Arquitetura na Escola Superior de Artes Aplicadas de Viena. **Do Original em Inglês:** "Bart Lootsma (born 1957 in Amsterdam, Netherlands) studied architecture at the Eindhoven University of Technology during 1975-1984. He is a historian, critic, and curator in the fields of architecture, design, and fine arts. He holds the chair for architectural theory at the Leopold-Franzens University of Innsbruck and is also professor at the Institute for History, Theory and Critic in Architecture at the Academy of Applied Arts in Vienna." Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Bart_Lootsma . Acessado em 31/07/2014.

Assim, este capítulo pretende comparar aspectos dos processos digitais de projeto dentro de um recorte social de colaboração com mediação digital, a partir de conceitos advindos de três teorias, a Teoria de Atores em Rede (*Actor-network Theory*) desenvolvida pelo filósofo francês Bruno Latour²¹³, a Teoria do Comportamento de Enxame (*Swarm Behaviour*²¹⁴) observado na natureza e pesquisado inicialmente pelo especialista em vida artificial e computação gráfica, Craig Reynolds, e a Teoria de Sistemas de Agentes Múltiplos (*Multi-agent Systems*). Analisará procedimentos colaborativos e metodologias híbridas de projeto, buscando compreender e redefinir as possibilidades de concepção em Arquitetura com uma abordagem do tipo *bottom-up*, considerando o conceito de jogos aplicado aos processos digitais de projeto, especialmente no que diz respeito aos *inputs*, ou entrada de parâmetros de projeto.

Não aprofundaremos a Teoria dos Jogos (*Game Theory*), mas utilizaremos sua fundamentação, que trata basicamente da tomada de decisão estratégica, e passa pelo desenvolvimento da Teoria Algorítmica dos Jogos (*Algorithmic Game Theory*), para que possamos chegar ao conceito de Sistemas de Agentes Múltiplos (*Multi-agent Systems*), estes sim, objeto de nosso interesse.

A Teoria dos Jogos trata do “estudo de modelos matemáticos de conflito e cooperação entre tomadas de decisão racionais inteligentes.”²¹⁵ (MYERSON, 1991) e começou com a ideia da existência de equilíbrios mistos de estratégia em jogos para duas pessoas, conforme proposta por John von Neumann²¹⁶. Posteriormente, esta teoria foi desenvolvida extensivamente na década de 1950 por muitos estudiosos e mais recentemente se aplica a uma ampla gama de relações comportamentais explorando a lógica da ciência da decisão, incluindo os seres

²¹³ **Bruno Latour** (francês: nascido 22 de junho de 1947) é um sociólogo da ciência e antropólogo francês. Ele é especialmente conhecido por seu trabalho no campo da ciência e estudos da tecnologia (STS) Depois de ensinar na École des Mines de Paris (Centre de Sociologie de l'Innovation) de 1982 a 2006, ele atualmente é professor na Sciences of Paris (2006), onde é o diretor científico das Ciências do Medialab. Lecionou na Universidade de Harvard e é professor do Centenário da Escola de Economia de Londres. **Do original em Inglês:** Bruno Latour: (*French: born 22 June 1947*) is a French sociologist of science and anthropologist. He is especially known for his work in the field of Science and Technology Studies (STS) After teaching at the École des Mines de Paris (Centre de Sociologie de l'Innovation) from 1982 to 2006, he is now Professor at Sciences Po Paris (2006) where he is the scientific director of the Sciences of Medialab. He has taught at Harvard University and is a Centennial Professor at the London School of Economics. Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Bruno_Latour, Acessado em 31/07/2014.

²¹⁴ Comportamento **Swarm**, ou *swarming*, é um comportamento coletivo exibido por animais de tamanho similar que se agregam juntos, talvez agindo sobre o mesmo local, ou talvez em movimentos em massa ou migrando em alguma direção. Como termo, enxame é aplicada especialmente para os insetos, mas também pode ser aplicado a qualquer outro animal que apresenta um comportamento de bando. Tradução nossa. Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Swarm_behaviour. Acessado em 31/07/2014.

²¹⁵ **Do original em Inglês:** “the study of mathematical models of conflict and cooperation between intelligent rational decision-makers.” Acessado em 31/07/2014.

²¹⁶ **John von Neumann**, (Budapeste, 28/12/1903 - 08/02/1957) foi um matemático húngaro de origem judaica, naturalizado norte americano. Contribuiu na teoria dos conjuntos, análise funcional, teoria ergódica, mecânica quântica, ciência da computação, economia, teoria dos jogos, análise numérica, hidrodinâmica das explosões, estatística e muitas outras as áreas da matemática. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann. Acessado em 31/07/2014.

humanos e não-humanos. Já a Teoria Algorítmica dos Jogos, proposta por Jonathan Cox²¹⁷ em 1989, é uma área de interseção entre a Teoria dos Jogos e o *design* de algoritmos, cujo objetivo é projetar algoritmos em ambientes estratégicos que possam minimizar desequilíbrios, uma vez que as entradas (*inputs*) para um determinado algoritmo são distribuídas entre os muitos jogadores, os quais têm um interesse pessoal nas saídas (*outputs*). Em princípio, o projeto do algoritmo deve garantir de antemão que os interesses dos múltiplos agentes envolvidos se comportem corretamente, de acordo com os interesses e objetivos sistema como um todo.

Para a construção de uma abordagem que se utilize dos jogos enquanto estratégia de projeto, buscaremos utilizar argumentos de natureza teórica, a partir da revisão bibliográfica de algumas referências importantes, assim como serão analisados alguns estudos de caso verificando experimentações de ordem prática realizadas que permitam discussão, análise e algumas considerações dentro do universo proposto pela tese, ou seja, Processos Digitais de Projeto. Os resultados esperados são relacionados à construção de outros olhares que permitam a ampliação da discussão e dos limites que envolvem tais processos, especialmente sob um recorte de ordem social e de criação colaborativa. Tradicionalmente os processos de projeto se utilizam da intuição e da inspiração, e decisões do tipo *top-down* muitas vezes são realizadas com informações incompletas, imprecisas e mesmo, impositivas. Desejamos também, que os resultados obtidos com a discussão proposta, apontem alternativas que melhorem, não apenas a *performance* como resultante dos projetos, mas também a eficiência na obtenção de dados que servirão de parâmetros para os projetos e, antes ainda, para predefinições em nível do que é chamado *metadesign*, a serem aplicados em processos digitais de projetos.

Caio Vassão (2010) apresenta sua abordagem em relação ao conceito de *Metadesign*.

A etimologia da palavra “método” indica uma origem muito próxima ao Metadesign: seu prefixo “meta” se refere ao mesmo significado do movimento de transposição e “hodos” significa “caminho”, também em grego. Assim como a palavra “meta” indica um objetivo a ser alcançado, da mesma etimologia ligada à noção teleológica de transposição, de um ponto a outro, previsto à distância ou no futuro – a própria ação do Projeto, “projetar”, lançar à distância. (VASSÃO 2010, p.61)

Trata-se de uma questão de mudança de atitude em relação à concepção do projeto, baseada na antecipação e na elaboração prévia do *design* do próprio processo, no sentido de encaminhar um conjunto de métodos e estabelecer procedimentos que precedem e definem os parâmetros de projeto.

²¹⁷ Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Algorithmic_game_theory . Acessado em 31/07/2014.

O Metadesign poderia ser visto como o estudo dos métodos. Mas essa é uma área de conhecimento já muito bem estabelecida e desenvolvida, a metodologia. E ela não tem por objeto os processos de design, mas sim os da filosofia e/ou os da ciência, da produção de conhecimento (ABBAGNANO 1998 apud VASSÃO 2010, pp. 61-62). O Metadesign poderia, ainda segundo essa noção derivada da sua própria etimologia e do método, ser compreendido como metodologia de projeto, o estudo dos métodos de projeto, expressão comumente utilizada, de maneira um tanto confusa, no lugar da expressão mais restrita, método de projeto, no singular, como um método específico. Mas também aí, há uma diferença: tanto o método de projeto, como a metodologia de projeto consistem em processos específicos (método) ou no estudo e proposta desses processos (metodologia) – o Metadesign trata de um campo mais amplo, do qual faria parte tanto o conjunto dos métodos como seu estudo, a metodologia. (VASSÃO 2010, pp.61-62)

A definição vem de encontro à questão do observador da observação que a Cibernética de Segunda Ordem discute. É de suma importância para os processos de projeto, justamente definir o *design* do *design* previamente com os atuentes do processo. Acreditamos que é a partir da participação de todos os envolvidos no desenho das ações que o processo de projeto pode se tornar verdadeiramente colaborativo e que conceitos como a interatividade e a imprevisibilidade (a partir da previsão de caixas pretas, por exemplo) poderiam ser previstos e parametrizados.

De um ponto de vista cibersemiótico, seria interessante pensar os Processos Digitais de Projeto não mais como uma resposta a demandas ou a soluções de problemas, mas sim como uma pergunta, conforme propõe Vassão (2010):

Assim como a ciência é incompleta, o projeto também deveria aceitar-se como tal: não é possível construir uma entidade em sua inteireza a partir de um único esforço de projeto e realização – todo processo de criação, proposta, implementação e distribuição de um novo produto, processo ou serviço é um esforço colaborativo cravejado de objetos não formais, mal formalizados ou parainformais (incompletamente formais). Isso não impede que o projeto seja consequente ou bem-sucedido: uma circunstância construída pelo Metadesigner ao debruçar-se sobre a complexidade de sua ação criativa. É a partir dessa posição, que também é corpórea, que o Metadesigner percebe e manipula seu universo. (VASSÃO, 2010, p.121).

Acredita-se esta seja uma das principais contribuições deste capítulo, no sentido de trazer questionamentos e viabilizar possibilidades em relação a abordagens, análises e estratégias que envolvam processos digitais de projeto, no sentido de estabelecer uma estrutura (*framework*) para projeto, a exemplo da estrutura para análise proposto no capítulo 3 da Parte I desta tese. Torna-se imperativo destacar que, mais do que tentar estabelecer um método ou modelos a serem seguidos, julgamos importante construir uma fundamentação baseada tanto na teoria como na prática que conecta os processos envolvidos, retroalimentando as próprias discussões e experimentações que vem sendo realizadas nesta direção, e apontando para outras

possibilidades em relação à busca de uma arquitetura controlada, interativa e integrada com o meio-ambiente.

4.1. Atores conectados em rede (*Actor-Network Theory*).

A Teoria de Atores em Rede (*Actor-Network Theory* ou ANT), também conhecida como teoria da inscrição ou a sociologia da tradução, surgiu durante meados dos anos 1980, principalmente com o trabalho de Bruno Latour, Michel Callon²¹⁸ e John Law²¹⁹. A ANT é um quadro conceitual proposto para explorar processos coletivos sociotécnicos, cujos estudiosos têm dedicado atenção especial à ciência e atividade tecnológica. Partindo de uma ciência e de estudos das tecnologias, a ANT sugere que o trabalho da ciência não é fundamentalmente diferente de outras atividades sociais, mas que é um processo heterogêneo no qual o social, o técnico, o conceitual e o textual atuam em conjunto (ou justapostos) e são transformados (ou traduzidos). De acordo com Nobre e Pedro (2010) a Teoria de Atores em Rede de Latour, propõe que as práticas cotidianas envolvem a ciência, a tecnologia e a sociedade e que as amarrações entre humanos e não-humanos formam um emaranhado de redes que fragmentam qualquer solidez em micro conexões. Para o filósofo John Law (1992), o social não é nada mais do que um conjunto de redes de materiais heterogêneos. A circulação nas tramas da rede se dá por meio de hibridizações ou traduções, e nestes processos de deslocamentos diversos, uma realidade vai sendo produzida. Portanto, todos os artefatos tecnológicos (não-humanos), e aí podemos incluir a Arquitetura, possuem uma importância social em função das traduções que possibilitam e assim a análise das redes deve adquirir uma perspectiva tanto social quanto técnica.

Na concepção de redes, as mediações são fundamentais e apontam para um processo de constante redefinição, onde não há nenhuma garantia de uma estabilidade pré-determinada

²¹⁸ **Michel Callon** é professor de Sociologia na “École des Mines de Paris” e investigador no “Center for the Sociology of Innovation”. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Michel_Callon. Acessado em 31/07/2014.

²¹⁹ **John Law** é um sociólogo atualmente na Faculdade de Ciências Sociais da Universidade Aberta e proponente-chave da teoria de atores em rede. A Teoria de atores em rede, por vezes abreviado para ANT, é uma abordagem das ciências sociais para descrever e explicar estruturas sociais, organizacionais, científicas e tecnológicas, processos e eventos. Assume-se que todos os componentes de tais estruturas (sejam elas humanas ou não) formam uma rede de relações que podem ser mapeadas e descritas nos mesmos termos ou vocabulário. **Do original em Inglês:** *John Law is a sociologist currently on the Faculty of Social Sciences at the Open University and key proponent of Actor-network theory. Actor-network theory, sometimes abbreviated to ANT, is a social science approach for describing and explaining social, organisational, scientific and technological structures, processes and events. It assumes that all the components of such structures (whether these are human or otherwise) form a network of relations that can be mapped and described in the same terms or vocabulary.*

(NOBRE E PEDRO, 2010). Todo mediador é entendido como um ser/agenciador que não é necessariamente nem totalmente humano e nem totalmente não-humanos. Latour também os denomina actantes: “O segredo é definir o ator com base naquilo que ele faz – seus desempenhos. Uma vez que, em inglês, a palavra *actor* (ator) se limita a humanos, utilizamos muitas vezes *actant* (atuador), tomado à semiótica, para incluir não-humanos na definição.” (LATOUR, 2001 p. 346).

Nas redes, os atuadores não apenas transportam as forças sociais ou materiais. O que ocorre são circuitos de agenciamentos, que exercem coerções, fazendo com que todos os que estão conectados sejam transformados, “(...) *de tal modo que façam os outros fazerem coisas.*” (LATOUR, 2005 p. 156). A partir da concepção de Latour, podemos sugerir que não existe uma realidade macrossocial a explicar um mundo microssocial. O que se estabelece, parece ser um circuito de mediadores e mediações que, de tradução em tradução, tece a realidade.

Nesse sentido, Latour ressalta que a ANT busca manter um nível de linguagem que utiliza termos mais próximos da própria linguagem dos atores da rede, trabalhando com uma espécie de infra-linguagem, que se mantém muitas vezes sem sentido, mas que permite a transferência de significados de modo mais fiel nas traduções que futuramente ocorrerão no processo. Segundo ele, o discurso dos atores deve manter-se mais forte do que o discurso dos analistas, e isto é uma tarefa difícil, que por vezes acaba distorcendo os dados e as informações produzidas pelos atores no processo.

De acordo com Latour (2005), a ANT propõe uma atuação livre, compatível com o conceito de auto-organização, na qual se torna mais fácil encontrar ordem depois de ter deixado os atores implantarem toda uma gama de controvérsias na qual estão imersos. A ideia da controvérsia é central na proposta da ANT, e segundo Latour, é como se estivéssemos dizendo aos atuadores:

Não vamos tentar discipliná-lo, para torná-lo apto para as nossas categorias; vamos deixá-lo implantar seus próprios mundos, e só mais tarde é que vamos pedir-lhe para explicar como você tratou de defini-los. A tarefa de definir e ordenar o social deve ser deixada para os próprios atores, e não ser feita pelo analista. (LATOUR, 2005 p. 23. Tradução nossa²²⁰).

Para produzir e recuperar algum sentido de ordem, Latour propõe que a melhor solução é traçar conexões entre as próprias controvérsias ao invés de tentar decidir como resolver qualquer controvérsia. A busca por ordem, rigor e padrão não é abandonada. É simplesmente traduzida

²²⁰ **Do original em Inglês:** “We won’t try to discipline you, to make you fit into our categories; we will let you deploy your own worlds, and only later will we ask you to explain how you came about settling them. The task of defining and ordering the social should be left to the actors themselves, not taken up by the analyst.”

um passo a mais em direção à abstração, de modo que os atores estão autorizados a revelar os seus próprios universos diferentes, não importa o quão intuitivo se mostrem.

De um ponto de vista metodológico, Nobre e Pedro (2010) sugerem que “assim como um detetive que rastreia as ruelas enigmáticas do seu caso investigativo, nós devemos seguir as pistas que aparecem a cada momento, os mediadores que nos convocam a desviar, construir caminhos, costurar circuitos.” (NOBRE E PEDRO, 2010. p. 54). Pedro (2008) também aponta como estratégias de inserção às redes e de aproximação em relação aos atadores ou actantes:

1) Buscar uma porta de entrada – É preciso encontrar uma forma de “entrar na rede (...) e, de algum modo, participar de sua dinâmica. 2) Identificar os porta-vozes – (...) é preciso identificar aqueles que “falam pela rede”, e que acabam por sintetizar a expressão de outros actantes (...), não se pode deixar de tentar buscar as ‘vozes discordantes’ (...). 3) Acessar os dispositivos de inscrição, ou seja, tudo o que possibilite uma exposição visual (...) e que possibilitem ‘objetivar a rede’; 4) Mapear as ligações da rede – Trata-se aqui de delinear as relações que se estabelecem entre os diversos atores e nós que compõem a rede. Envolve as múltiplas traduções produzidas pelos atores, ressaltando-se suas articulações, em especial: os efeitos de sinergia ou de cooperação na rede; os efeitos de encadeamento ou de repercussão da rede; as cristalizações ou limitações da rede (PEDRO, 2008. p. 12).

Portanto, de acordo com Latour (2005), uma estratégia de aproximação das redes baseada na ANT poderá representar realidades sociais, na medida em que os participantes na ação através da mediação praticada pelos *designers* do processo, sejam articulados de tal modo que possam ser reunidos em direção ao livre exercício da controvérsia e das consequentes traduções possibilitadas.

Cabe destacar ainda, que para Latour (2005), a tradução do mundo natural para a sua representação, pode ocorrer na forma de texto, diagramas ou figuras-chave²²¹. Assim, uma imagem ou diagrama não se referem ao mundo diretamente, mas sim a muitas etapas intermediárias de traduções. Com cada tradução os ganhos da imagem se distanciam da natureza e se aproximam de sua representação. Cada nível de abstração tem sua própria qualidade única, permitindo que a referência específica seja colocada em outro contexto, através do qual novas ideias podem ser adquiridas. Se um objeto é referenciado, torna-se possível trabalhar com a referência, em vez de trabalhar com o próprio objeto, o que pode ser uma simplificação interessante em muitos sentidos.²²²

²²¹ Destacamos aqui, a compatibilidade com a proposta cibersemiótica de Brier e que foi base metodológica utilizada na análise realizada no capítulo 3.

²²² Grifamos aqui a similaridade com o conceito peirceano de signo, como algo que está no lugar de outro algo.

Existem vários sistemas, cuja diferenças permitem diferentes observações a serem feitas e, por conseguinte, a referência conhecida pode ser trocada por outra informação. Estratégias como esta vêm sendo cada vez mais empregadas em processos digitais de projeto (Figura 2).

FIGURA 115: NIMISH BILORIA: INFORMAÇÃO E MATÉRIA COMO DOIS LADOS DA MESMA MOEDA.
FONTE: AUTOR, 2013.

Na figura acima, podemos observar a partir da apresentação realizada pelo professor Nimish Bioria do grupo Hyperbody, na TU Delft em Outubro de 2013, um exemplo de referências desenvolvidas a partir de informações produzidas pelos atores da rede dentro do processo de projeto, e que passam a ser pontos de traduções significativas, podendo ser utilizados, por exemplo, como atratores ou definidores, tanto das atividades que poderão ocorrer nos espaços a serem propostos, como da própria forma do projeto em desenvolvimento.

No entanto, a tradução da matéria na forma inclui sempre uma pausa, e nesse sentido, Latour refere-se a esta pausa como um "*gap*"²²³. Estas pausas têm o potencial de descobrir algo novo, e é por causa desse potencial que elas são capazes de ter um impacto tão grande, por exemplo, sobre a Arquitetura e Urbanismo. Em seu ensaio "*Circulating Reference*", Latour descreve a cadeia de referências a partir da matéria para a forma e vice-versa. Olhando para o processo como uma tradução da matéria em direção à forma, o caminho a partir do esboço do edifício real parece ser como a caminhada do mesmo percurso só que em outra direção. O ponto final construído que, de acordo com Latour, é proposto pela natureza, transforma-se no edifício nesta

²²³ Lacuna

imagem. No lado oposto do processo, não há mais uma observação, e sim o conceito de projeto que deve ser traduzido em algo construído.

Considerando a definição de Latour a respeito dos atuadores conectados em redes, os quais podem ser tanto humanos, como não humanos, o projeto *Hygroskin*, comandado pelo professor Achim Menges e sua equipe do ICD (*Institute for Computational Design*) em Stuttgart na Alemanha, apresenta características bastante inovadoras, neste sentido (Figura 116):

FIGURA 116: PAVILHÃO HYGROSKIN
FONTE: ABELEDO E DI PECO, 2014.

Trata-se de um pavilhão responsivo ao clima, baseado na performance do material utilizado, que mimetiza o comportamento higroscópico das pinhas, as quais se fecham quando estão úmidas e se abrem quando estão secas. De acordo com Abeledo e Di Peco (2014), foram desenvolvidos muitos protótipos até o pavilhão ser finalizado, a partir de processos de fabricação robotizados que geraram vinte e oito componentes diferenciados com cem mil atuadores, ou aberturas responsivas à umidade.

Processos de projeto como este onde uma grande quantidade de atuadores está conectada em redes internas e externas ao processo de projeto estão se tornando bastante recorrentes a partir da mediação digital, porém verifica-se a intensificação do método quando este utiliza-se dos modelos ou protótipos como ponto de conferência (*check-points*) da evolução do próprio design, constituindo-se, de acordo com Latour, em sucessivas traduções que evoluem na medida em que o processo avança e se repete.

A Teoria de Atores em Rede de Bruno Latour propõe que a realidade está a ser traçada pelas redes de mapeamento de entidades inter-relacionadas, na sequência de um ponto de partida assumido na origem (dependendo do objeto de estudo) e traçando relações com outras entidades (vivas e não-vivas), definidas por Latour como atuadores ou actantes. Entendemos que esta estratégia não se opõe a uma visão sistêmica de arquitetura. Pelo contrário, os sistemas podem ser compreendidos como uma especificação de tipos de cenários, que na abordagem de Latour fornecem a única oportunidade de ver a realidade mais completa possível, como um todo. Seu ponto de vista totalizante não deve ser desprezado como um ato de megalomania, mas sim como uma proposta integradora que pode ser adotada para a multiplicidade dos contextos nos quais se deseja implementar estratégias de projeto do tipo *bottom-up*. As redes sócio-técnicas definidas por Latour são locais conceituais a serem considerados como tantos outros lugares que permeiam a paisagem achatada que tentamos mapear (Latour sugere achatar o sistema estudado, através da remoção de todas as hierarquias entre os componentes envolvidos). Porém, mesmo depois de tal redução, o papel da ANT poderá manter-se central enquanto estratégia, uma vez que permite que os atuadores, sejam atores, espectadores, ouvintes ou leitores, possam tornar-se participantes mais efetivos e possam, além disso, ser contemplados com um sentimento de realização e aumento de sua autoestima em processos nos quais estejam envolvidos.

4.2. Comportamento em bando/enxame (*Swarm Behaviour*)

De acordo com a definição apresentada na Wikipedia²²⁴, Comportamento em Bando, *Swarm*, ou *Swarming*, é um comportamento coletivo exibido por animais de tamanho similar que se agregam e atuam em conjunto, às vezes agindo sobre o mesmo local, em movimento, às vezes *em massa* ou ainda, migrando em alguma direção. De um modo geral, podemos dizer que apresentam características evolutivas, de emergência e de auto-organização.

Os primeiros estudos do comportamento enxame empregaram modelos matemáticos para simular e entender o seu comportamento. Os modelos mais simples de instruções algorítmicas representam geralmente animais específicos, seguindo, por exemplo, três regras:

²²⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Swarm_behaviour. Acessado em 31/07/2014.

1. Movimente-se na mesma direção que seus vizinhos
2. Fique perto de seus vizinhos
3. Evite colisões com seus vizinhos

O programa de computador *Boids*, criado por Craig Reynolds²²⁵ em 1986, simula o comportamento enxame seguindo as regras acima. Muitos modelos posteriores e atuais usam variações sobre essas regras, muitas vezes implementando-as por meio de "zonas" concêntricas em torno de cada animal. Na zona de repulsão, muito perto do animal, o animal focal vai procurar distanciar-se de seus vizinhos para evitar a colisão. Um pouco mais longe, na zona de alinhamento, o animal focal buscará alinhar sua direção de movimento com seus vizinhos. No exterior da zona de atração, que se estende longe do animal focal, o animal focal buscará aproximar-se de um vizinho.²²⁶

Em um cenário arquitetônico raramente há apenas um usuário. Muitas vezes, não há nenhum, porém em muitos casos, os espaços têm vários usuários. Estes vários usuários em um espaço podem compartilhar uma atividade, mas muitas vezes eles podem estar envolvidos em diferentes atividades que exigem diferentes demandas e, portanto, podem gerar conflitos.

Levar em consideração um comportamento de enxame para questões de adaptação espacial é, portanto, não só atender às necessidades individuais de seus usuários, mas também resolver os interesses e conflitos existentes entre esses múltiplos usuários. Estes conflitos poderiam ser resolvidos de um ponto de vista ideal encontrando soluções espaciais que satisfaçam a todos. Em muitos casos, no entanto, este objetivo pode não ser possível. Nesse caso, certas atividades ou determinados usuários precisariam ser priorizados em detrimento de outros, criando certos pontos de atração, ou focos de interesse.

A prioridade de atividades pode ser decidida a partir de vários critérios, tais como aumento estimado de bem-estar das pessoas envolvidas em uma atividade, a urgência de uma atividade, o propósito de uma atividade, custos envolvidos, ou ainda, como minimizar a insatisfação das

²²⁵ **Craig W. Reynolds** Craig W. Reynolds (nascido em 15 de março de 1953), é especialista em vida artificial, e de aplicações gráficas que criou a simulação de vida artificial Boids em 1986. Reynolds trabalhou no filme Tron (1982), como um programador de cena, e em Batman Returns (1992), como parte da equipe de imagem do vídeo. Reynolds ganhou o *Academy Scientific and Technical Award* de 1988 em reconhecimento de "suas contribuições pioneiras para o desenvolvimento da animação computadorizada tridimensional para a produção de imagens em movimento." Ele é o autor da biblioteca OpenSteer. **Do original em Inglês:** "*Craig W. Reynolds (born March 15, 1953), is an artificial life and computer graphics expert, who created the Boids artificial life simulation in 1986. Reynolds worked on the film Tron (1982) as a scene programmer, and on Batman Returns (1992) as part of the video image crew. Reynolds won the 1988 Academy Scientific and Technical Award in recognition of "his pioneering contributions to the development of three-dimensional computer animation for motion picture production." He is the author of the OpenSteer library.*" Acessado em 31/07/2014.

²²⁶ **Fonte:** http://en.wikipedia.org/wiki/Swarm_behaviour. Acessado em 31/07/2014.

peças cuja atividade não pode ser plenamente desenvolvida. E é claro, estes critérios podem também mudar ao longo do tempo, em função do comportamento do próprio grupo, ou seja, do *swarm*.

O arquiteto holandês Kas Oosterhuis vem atuando há vários anos no desenvolvimento de arquiteturas não padronizadas (*non-standard architectures*) com estratégias que envolvem concepções de projeto em redes de interação e responsividade. Oosterhuis afirma que em um processo colaborativo em rede os agentes atuam como pássaros em bando (Figura 117), onde cada agente é um nó em uma rede interconectada desempenhando uma regra específica, produzindo assim uma rede de fluxo de informações multidirecional, ou seja, como veremos posteriormente, um sistema de agentes múltiplos.

FIGURA 117: COMPORTAMENTO DE BANDO (SWARM BEHAVIOUR)

Fonte: Oosterhuis, 2012

Este processo dirigido à informação ou à troca de informações a partir de referências, pode ser fundamentado na Teoria de Atores em Rede de Bruno Latour com vistas à construção de um método para processos digitais de projeto, conforme argumenta Oosterhuis:

Nós deveríamos começar a pensar do começo, que é: cada coisa deve ser tomada como um componente que compõe o edifício – há milhares deles, milhões deles; cada componente individual é um cérebro – em princípio. Cada componente individual é um ator. É um agente – em princípio. Alguns deles muito bobos, outros mais inteligentes. Alguns são muito lentos, como pedras. Elas dificilmente se movem. Elas possuem alguma atividade química, mas dificilmente se movem. E outros são realmente responsivos ao comportamento humano, por exemplo. Diretamente responsivos. Então ser diretamente responsivo ao comportamento humano torna-se um tipo de característica-chave do que você vê. Tudo isso é baseado na ideia de que cada componente individual tem um pequeno cérebro que se comunica com seus vizinhos. Esta é, novamente, a base da ideia. Swarm Theory (Teoria do Comportamento em Bando) ... No swarm você tem estes atores, eles são relativamente estúpidos, e se comunicam com seus vizinhos. Mas eles não têm a visão de todo o swarm, porque eles estão dentro. Você está no swarm, no processo. (OOSTERHUIS, apud ALVES 2013).

Para Oosterhuis e Feireiss (2006) e Oosterhuis (2012), em uma arquitetura que utilize a estratégia do enxame (*Swarm*), pessoas interagem com pessoas, livros interagem com tabelas, textos interagem com pessoas, dentre outras possibilidades, e todos são jogadores interativos em um sistema complexo adaptativo, que poderia configurar um mobiliário, um espaço, uma casa, uma rua ou uma cidade. O autor aponta ainda que um processo colaborativo em rede funciona porque todos os componentes possuem uma identidade e a premissa básica passa a ser então identificar cada item projetado em diferentes níveis. Se faz necessário um ponto de referência para cada componente, e o componente pode estar em diferentes níveis dentro do ambiente do que se pode considerar um jogo de projeto.

Oosterhuis aponta que o processo colaborativo em rede funciona porque todos os componentes possuem uma identidade e a premissa básica passa a ser então identificar cada item projetado em diferentes níveis. Se faz necessário um ponto de referência para cada componente, e o componente pode estar em diferentes níveis.

Assim, o ponto de partida do processo para a criação de um componente pode ser, por exemplo, um edifício de certo volume, e criando-se um ponto de referência, atribui-se e/ou identifica-se um certo número de dados que são relacionados a este ponto de referência.

Este ponto de referência está sempre em uma certa situação, então nós precisamos primeiro contextualizar nossos dados, talvez importar dados de sensores, de meta estações. Estão isto já está em uma situação muito dinâmica. Tudo o que deve ser pensado é dinâmico. O processo é dinâmico e também o contexto é dinâmico. Situações mudam o tempo todo, o vento muda, o clima muda... (OOSTERHUIS, apud ALVES 2013).

Ainda segundo Oosterhuis, este modo de se definir o processo digital de projeto baseado na Teoria de Atores em Rede, requer uma mentalidade diferente, onde deve-se entender que tudo, em princípio, é dinâmico – e não, estático.

Você tem que partir daí. Então você tem que se sentir dentro de um processo dinâmico, se sentir dentro da questão, sentir você mesmo. Você precisa sentir esta evolução interna. Porque tudo evolui. Seu projeto evolui, situações evoluem, tudo evolui. Então você funciona evoluindo internamente. De novo, como um ponto no Swarm que pode agir somente dentro do Swarm, ele não pode ser tomado sozinho. Como você com seu cérebro, você não pode agir sozinho, porque seu cérebro é inútil se você não está conectado com outros cérebros. Talvez você nem mesmo pense. Você não veja nada. Porque tudo que evolui é baseado em conectividade, tudo é baseado em conectividade, no final. E o bi direcionamento, em questão, é somente entre dois pontos, mas claro, é multidirecional, porque há muitos jogadores, muitos tipos de componentes interativos, Swarms interativos, grupos interativos. Mas esta é a complexidade que surge quando você começa do básico, então você tem que mergulhar internamente, começar deste ponto, definir suas regras e então, trabalhar a partir daí. (OOSTERHUIS, apud ALVES 2013).

Portanto, estabelece-se um processo de projeto onde o próprio projeto pode ser representado por números e ao mesmo tempo, este é influenciado por eles. Em um processo orientado à performance, a realidade é fornecida e não meramente observada.

A estrutura descentralizada do enxame também pode mudar a natureza da hierarquia mesmo em uma escala macro, envolvendo questões urbanísticas. Hierarquias de escala e intensidade são naturalmente imperativas no urbanismo, porém a lógica do comportamento de enxame achata as hierarquias dentro do processo de *design*. (Figura 118).

FIGURA 118: KOKKUGIA: URBANISMO SWARM
 FONTE: [HTTP://WWW.KOKKUGIA.COM/SWARM-URBANISM](http://www.kokkugia.com/swarm-urbanism)

No projeto de 2009 do escritório Kokkugia, para Melbourne na Austrália, acima exemplificado, ao invés de projetar um plano urbanístico que atenderia normalmente a um conjunto de

critérios e demandas diretas, imperativos urbanos foram programados em um conjunto de agentes capazes de se auto organizar. Segundo informações disponíveis no site do grupo²²⁷, projetar com a concepção do *Swarm* envolve a interação local de agentes autônomos, que dão origem a um comportamento emergente e à auto-organização das estruturas. Esta concepção de urbanismo gera sistemas mais flexíveis para responder às constantes mudanças de pressões políticas, econômicas e sociais do desenvolvimento urbano, a partir das movimentações dos agentes dentro do enxame.

Para finalizar, destacamos a abordagem que Oosterhuis (2003) propõe em relação ao que ele chama de Arquitetura do *Swarm* (*Swarm Architecture*):

A Arquitetura do Swarm é a verdadeira transarquitetura uma vez que constrói novos espaços transacionais. A Arquitetura do Swarm é ao mesmo tempo emotivo, transacional, interativa e colaborativa. A Arquitetura do Swarm se alimenta de dados gerados pelas operações sociais; A Arquitetura do Swarm é a mente colmeia sobre a nova transformação da economia. A Arquitetura do Swarm é projetar, construir e operar em tempo real. Arquitetura torna-se a disciplina de operações de construção. Isto é o que arquitetos fazem, construir espaços transacionais. (OOSTERHUIS, 2003 p. 6. Tradução nossa²²⁸).

Esta concepção baseia-se na ideia de que uma arquitetura para ser inovadora deve ser praticada em tempo real, em espaços que Oosterhuis denomina transacionais, ou de “trans-ações”. O arquiteto holandês admite que a Arquitetura está se tornando uma ciência que opera com dinâmicas fluidas e atua em ambientes que se desenvolvem em tempo real, e que portanto, considerar o conceito do *Swarm* é inevitável, no sentido da evolução da própria Arquitetura.

4.3. Sistemas de Agentes Múltiplos (*Multiple Agent Systems*) e Sistemas Complexos Adaptativos (*Complex Adaptive Systems*).

De acordo com a Wikipedia²²⁹, um Sistema Multi-Agente (MAS) é um sistema informatizado composto por múltiplos agentes inteligentes que interagem dentro de um ambiente. Os Sistemas Multi-Agentes podem ser utilizados para resolver problemas que são difíceis ou impossíveis para um agente individual ou para um sistema monolítico de resolver. A inteligência

²²⁷ <http://www.kokkugia.com/swarm-urbanism>

²²⁸ **Do original e m Inglês:** “Swarm Architecture is a true transarchitecture since it builds new transaction spaces. Swarm Architecture is at the same time emotive, transactive, interactive and collaborative. Swarm Architecture feeds on data generated by social transactions; Swarm Architecture is the hive mind on the new transformation economy. Swarm Architecture is design, construct and operate in real time. Architecture becomes the discipline of building transactions. This is what architects do, they build transaction spaces. ”

²²⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Multi-agent_system . Acessado em 31/07/2014.

que envolve este conceito pode incluir abordagens envolvendo buscas metódicas, funcionais, processuais ou algorítmicas, e processamento, por exemplo.

Para Yang (2008), Sistemas Multi-Agentes são sistemas compostos de vários agentes autônomos. Estes agentes podem utilizar um modelo de crença-desejo-intenção ou outros mecanismos para orientar comportamentos, responder ao ambiente, ou se comunicar e interagir com outros agentes.” (YANG, 2008 p. 10. Tradução nossa²³⁰).

Atualmente, a grande maioria dos sistemas baseados em agentes são constituídos de um único agente. No entanto, como a tecnologia evolui em um nível cada vez mais complexo de aplicações, a necessidade de sistemas que consistem em múltiplos agentes e que se comunicam ponto a ponto está se tornando evidente, conforme aponta Sycara²³¹ (1998):

Pesquisa em MAS está preocupada com o estudo, o comportamento e a construção de uma coleção de agentes autônomos, possivelmente pré-existent, que interagem uns com os outros e seus ambientes. Estudo de tais sistemas vão além de considerar o estudo da inteligência individual, pois além disso, a resolução de problemas possui componentes sociais. Um MAS pode ser definido como uma rede fracamente acoplada de solucionadores de problemas que interagem para resolver problemas que estão além das capacidades individuais e conhecimentos de cada solucionador de problemas (Durfee e Lesser 1989). Estes solucionadores de problemas, muitas vezes chamados de agentes, são autônomos e podem ser de natureza heterogênea. (SYCARA, 1998. P. 80. Tradução Nossa²³²).

O elemento principal de um Sistema Multi-Agentes é um "agente inteligente". Agentes inteligentes são entidades autônomas que observam e agem sobre seu ambiente e direcionam suas atividades para alcançar determinados objetivos. Assim, podemos considerar que Sistemas Multi-Agentes (MAS) consistem de uma série de agentes autônomos que podem se comunicar uns com os outros, permitindo um elevado grau de flexibilidade e reconfigurabilidade. Além de estarem fortemente relacionados ao conceito de *Swarm* e, portanto, à Teoria de Atores em Rede de Latour, também seria possível, dentro destes vários níveis múltiplos de agenciamento, propor

²³⁰ **Do original em Inglês:** “Multi-Agent Systems are systems composed of several autonomous agents. These agents may use belief-desire-intention model or other mechanisms to guide behaviours, respond to the environment, or communicate and interact with other agents.” Acessado em 31/07/2014.

²³¹ **Katia Sycara** é professora pesquisadora, titular em Robótica (tempo parcial) e Presidente do Sixth Century Chair in Computing Science da University of Aberdeen UK. É Diretora do Advanced Agent-Robotics Technology Lab. **Do original em Inglês:** “Katia Sycara is Research Professor, Robotics and holder (part time) of the Sixth Century Chair in computing Science, University of Aberdeen UK. Director of the Advanced Agent-Robotics Technology Lab.”. Fonte: <http://www.cs.cmu.edu/~sycara/>. Acesso em 16/08/2014.

²³² **Do original em Inglês:** “ Research in MASs is concerned with the study, behavior, and construction of a collection of possibly preexisting autonomous agents that interact with each other and their environments. Study of such systems goes beyond the study of individual intelligence to consider, in addition, problem solving that has social components. An MAS can be defined as a loosely coupled network of problem solvers that interact to solve problems that are beyond the individual capabilities or knowledge of each problem solver (Durfee and Lesser 1989). These problem solvers, often called agents, are autonomous and can be heterogeneous in nature.”

uma abordagem Cibernética, onde sistemas de *feedback loops* também poderiam ser incorporados. Isto significa que eles poderiam permanecer num processo constante de adaptação, mais condizentes com processos evolutivos e com a própria dinâmica da vida. Isso dotaria os agentes de uma inteligência que os capacitaria a saírem de uma condição apenas reflexiva em relação ao seu ambiente para evoluírem para uma condição de aprendizado e evolução. (Figuras 119 e 120).

FIGURA 119: SISTEMA DE AGENTES REFLEXIVOS

FONTE: http://en.wikipedia.org/wiki/Multi-agent_system#mediaviewer/File:IntelligentAgent-SimpleReflex.png

FIGURA 120: SISTEMAS DE AGENTES DE APRENDIZAGEM

FONTE: http://en.wikipedia.org/wiki/Multi-agent_system#mediaviewer/File:IntelligentAgent-Learning.png

No primeiro modelo, apresentado na Figura 119, o agente percebe o ambiente a partir de sensores, cria uma definição de realidade, estabelece regras para agir e através de seus

atuadores, age então na realidade, no seu ambiente. No segundo modelo, apresentado na Figura 120, o agente opera do mesmo modo, porém introduzindo no núcleo do processo, estágios e procedimentos cibernéticos de crítica, com feedback loops que possibilitam conferência em relação à mudanças envolvendo aprendizado e performance, em direção aos objetivos estabelecidos, antes de atuar em resposta ao ambiente.

Já Modelos Baseados em Agentes (*Agent Based Models* ou ABM), configuram uma metodologia emergente que nos permite explorar sistemas complexos que são muito difíceis de definir e explorar analiticamente. A ideia é definir entidades muito simples (agentes) com regras de comportamento simples, colocá-los em um ambiente Multi-Agente, que também é regido por regras simples, e ver como suas interações locais causam um fator emergente de algum impacto global sobre o sistema global. Como consequência, temos então Sistemas Complexos Adaptativos (*Complex Adaptive Systems* ou CAS).

A definição de um Sistema Complexo Adaptativo (CAS) surge a partir de um Sistema Multi-Agente. Sistemas Complexos Adaptativo são compostos de um grande número de elementos ativos que são diferentes em termos de forma e capacidade (YANG, 2008). No entanto, o que define os sistemas adaptativos complexos separados é a capacidade adaptação, que ocorre em elementos individuais, assim como, em agregados de tais elementos e que posteriormente repercutirão no sistema como um todo. No Sistema Complexo Adaptativo, cada componente pode ser tratado como um agente e, para garantir a condição adaptativa do sistema, alguns destes agentes deverão ser agentes de aprendizagem. Assim, comportamento e estrutura dos agentes podem transformar ao longo do tempo como o sistema se desenvolve. Mesmo que o comportamento de cada um dos agentes do sistema possa ser impulsionado por uma lógica relativamente simples, linear e racional, o sistema como um todo é susceptível de apresentar um comportamento altamente complexo e não-determinístico. (YANG, 2008).

Portanto, Sistemas Adaptativos Complexos são capazes de lidar com situações não predefinidas e adaptação às condições imprevistas. Eles também podem ser facilmente expandidos e alterados, aumentando o número de elementos, ou pela mudança do comportamento de todo, ou por uma seleção de alguma das suas partes.

Sycara (1998) aponta que a tecnologia de sistemas baseados em agentes múltiplos tem gerado muito entusiasmo nos últimos anos, tornando-se uma possibilidade de mudança de paradigma para concepção, concepção e implementação de sistemas de *software*. Esta possibilidade é particularmente atraente para a criação de software que funcionam em ambientes que sejam distribuídos e abertos, tal como a internet. De modo complementar, de acordo com uma matéria

publicada no Jornal *The Guardian* de Londres, por Dara Mohammadi, intitulada “*como jogadores on line estão resolvendo os maiores problemas da ciência*”²³³, uma nova onda de jogos permite que jogadores com pouco conhecimento científico ou nenhum, resolvam alguns dos maiores problemas da ciência. A partir das considerações feitas até agora neste capítulo, poderíamos supor que a colaboração em rede, a partir das questões relacionadas aos atores em rede, ao comportamento de enxame e aos agentes múltiplos, somadas à potencialidade dos jogos eletrônicos *on line* e em tempo real, poderiam constituir-se em uma possibilidade significativa para os processos digitais de projeto?

Acreditamos que estas teorias possuem aspectos que são complementares e que podem constituir-se em uma fundamentação importante, tanto para análise quanto para a proposição de ambientes interativos de projeto digital. A noção de atuadores proposta por Latour é a base para a concepção de sistemas de agentes múltiplos, que por sua vez, também se utilizam das estratégias apropriadas a partir do comportamento de enxame.

Os jogos digitais aplicados em processos de projeto, podem explorar estes aspectos e propor ambientes que simulem estes comportamentos, estimulando estratégias colaborativas onde os atuadores podem influenciar e serem influenciados por todos os participantes do jogo. Estas possibilidades podem conferir ao processo de projeto características mais interativas e tornar mais claros os objetivos a serem atingidos.

4.4. O Projeto enquanto jogo interativo: colaboração digital em tempo real.

De acordo com Aish²³⁴ (2006), a atividade de projeto pode ser descrita como algo que inspira decisões com certo nível de informações muitas vezes incompleto. Segundo o autor, nós podemos usar o conhecimento prévio, podemos até pensar que compreendemos totalmente as causalidades envolvidas, mas o que realmente importa é a exploração de novas formas, de novos materiais, e as especulações sobre as respostas aos efeitos desejados. Essencialmente,

²³³ Traduzido do inglês: *How online gamers are solving science's biggest problems*: <http://www.theguardian.com/technology/2014/jan/25/online-gamers-solving-sciences-biggest-problems>. Acesso em 15/02/2014.

²³⁴ Robert Aish estudou design industrial no *Royal College of Art* em Londres e tem um Doutorado em interação homem-computador da *University of Essex*. Do original em Inglês: “Robert Aish studied industrial design at the Royal College of Art in London and has a PhD in human computer interaction from the University of Essex. Fonte: <http://www.fabricate2011.org/chair-robert-aish/>. Acesso em 16/08/2014.

esta exploração tem sua própria dinâmica, envolvendo intuição e espontaneidade, e sem a qual não existiria nenhum projeto. (AISH 2006 p. 202).

Porém, o autor argumenta que no processo de projeto é preciso prever situações de modo a antecipar as consequências do ato de fazer ou construir algo, e deste modo há que se buscar o equilíbrio entre a intuição e a capacidade de prever tais situações, especialmente se estas desejarem ser atingidas com um nível elevado de precisão. (AISH 2006 p. 202).

Aish (2006) propõe ainda algumas questões que julgamos fundamentais, e que servirão como ponto de partida na discussão a ser estabelecida neste item:

Como podemos progredir da intuição para a precisão? Quais abstrações podemos usar para representar, exteriorizar e testar os conceitos envolvidos? Como podemos aumentar o processo cognitivo? Como podemos registrar a progressão das ideias? E, como sabemos quando chegamos? (AISH 2006 p. 202. Tradução nossa²³⁵).

Obviamente não se tratam de questões de simples resposta, porém o próprio autor nos fornece algumas pistas para avançar sobre as indagações e uma delas diz respeito à geometria. Argumenta que o processo de projeto possui uma relação simbiótica com a geometria e que, portanto, esta é central para o *design*. Acontece que a geometria possui dois componentes distintos: um sistema descritivo e um processo de avaliação subjetivo, o que, segundo o autor, promove um interessante paradoxo: "Esta é a forma que esbocei, mas como eu poderia descrevê-la formalmente" versus "Este é o sistema de descrição formal da forma que estou usando, como faço para aproveitar e controlar este sistema para criar a forma que eu gostaria." (AISH 2006 p. 203. Tradução nossa²³⁶).

Parece-nos que nesse caso, o antagonismo reforça a polarização de duas visões distintas sobre o processo de projeto, o primeiro mais tradicional, da representação pelo desenho, e o segundo com características próprias da mediação digital, mas destacamos que entre as duas posições existe uma infinidade de possibilidades.

De qualquer modo, acreditamos que uma das abordagens possíveis é perceber quais características dos processos digitais de projeto poderiam, ao mesmo tempo, considerar abstrações e intuições, assim como descrever com precisão os objetivos a serem atingidos, em termos de *design*, fornecendo estratégias possíveis de serem operacionalizadas pelos arquitetos, uma vez que consideramos o *design* não apenas como algo que especifica e avalia o

²³⁵ **Do original em Inglês:** "So how can we progress from intuition to precision? What abstractions can we use to represent, externalize and test the concepts involved? How can we augment the cognitive process? How can we record the progression of ideas? And, how do we know when we arrived?"

²³⁶ **Do original em Inglês:** "This is the shape I have sketched, but how do I formally describe it" versus "This is the formal shape description system I am using, how do I harness and control this system to create the shape I like"."

resultado das configurações, mas sobretudo como algo que antecipa de que modos uma configuração pode ser materializada.

Para Oosterhuis e Jaskiewicz²³⁷ (2007), projetar em arquitetura é um jogo no qual o objetivo é criar um edifício. É um jogo no qual os arquitetos precisam jogar de acordo com as regras da física, da economia e da sociedade, por exemplo. Ainda segundo os autores, projetar é por natureza um jogo com múltiplos jogadores, no qual muitos especialistas necessitam trabalhar em conjunto para aumentar suas perspectivas de vencer.

Para os autores, mais importante do que todas as questões técnicas sobre como fazer as coisas funcionarem é definir qual o modo de se projetar no qual estas estratégias implicam: “Computadores nos permitem jogar juntos em tempo real. Em um jogo *multiplayer*, a troca de informações acontece instantaneamente, muitos ciclos por segundo. O que vai acontecer se uma informação de projeto é trocada imediatamente entre *designers* diferentes?” (OOSTERHUIS E JASKIEWITZ, 2007. p. 359. Tradução nossa²³⁸). Especulamos que provavelmente haverá modificações na metodologia que envolve o processo de projeto. Provavelmente também, simultaneamente às contribuições intuitivas, do tipo de cima para baixo (*top-down*), em cada subsistema, haverá muitos níveis de colaboração do tipo de baixo para cima (*bottom-up*) no sistema como um todo.

Deste modo, parece-nos relevante perguntar: o que temos a ganhar com o uso de jogos para propostas arquitetônicas? De acordo com Hovestadt²³⁹ (2007), o discurso arquitetônico ainda vigente no começo do século XXI é baseado em concepções obsoletas das realidades tecnológicas. O autor argumenta que a prática arquitetônica atual é cada vez mais confrontada com problemas econômicos, tecnológicos, ecológicos e, por último mas não menos importante,

²³⁷ **Tomasz Jaskiewicz** é um arquiteto, urbanista, pesquisador acadêmico e educador. Depois de terminar seus estudos de graduação em Arquitetura e Urbanismo na *TU Gdansk*, Polônia, ele se juntou ao grupo *Hyperbody* na *TU Delft*, Holanda, onde obteve em 2005, o grau de *Master of Science in Architecture*. Em 2007, ele começou sua pesquisa de doutorado na *TU Delft*, na qual, sob orientação do prof. Kas Oosterhuis. **Do original em Inglês:** “Tomasz Jaskiewicz is an architect, urban designer, academic researcher and educator. After finishing his undergraduate studies in Architecture and Urban Planning at TU Gdansk in Poland, he joined the Hyperbody group at TU Delft in the Netherlands. There, in 2005, he obtained his Master of Science degree in Architecture. In 2007 he has started his PhD research at TU Delft, in which, supervised by prof. Kas Oosterhuis.” Fonte: <http://www.hyperbody.nl/about/who/>. Acesso em 16/08/2014.

²³⁸ **Do original em Inglês:** “Computers let us play together in real time. In a multiplayer game, the Exchange of information happens instantly, many cycles per second. What will happen if desing information gets exchanged immediately between different designers?”

²³⁹ **Ludger Hovestadt** é Professor de Projeto de Arquitetura Assistido por Computador (CAAD) do *Swiss Federal Institute of Technology* (Eidgenössische Technische Hochschule, ETH) em Zurique. **Do original em Inglês:** “Ludger Hovestadt is Professor for Computer Aided Architectural Design (CAAD) at the Swiss Federal Institute of Technology (Eidgenössische Technische Hochschule, ETH) in Zürich.” Fonte: <http://www.caad.arch.ethz.ch/blog/ludger-hovestadt/>. Acesso em 16/08/2014.

formais e estéticos. A Arquitetura ainda tem uma visão mecanicista da tecnologia, apesar do fato de que ela pode fornecer ingredientes formais e teóricos necessários para a inovação.

Os arquitetos devem desenvolver novos esquemas de interação - mais orgânicos, mas com incorporação tecnológica comparável em todos os aspectos. A construção de jogos pode servir como um paradigma para isto. Devemos expor construtores, arquitetos e usuários a doses individuais de provocação, antagonismo e confiança para que edifícios modernos possam ser sensatamente projetados, construídos, e operar. (HOVESTADT, 2007. P. 335. Tradução Nossa²⁴⁰).

Hovestadt (2007) aponta que muitas tentativas realizadas por arquitetos e *designers* de jogos, no sentido de produzir hipóteses e teorizar sobre jogos arquitetônicos foram muitas vezes superficialmente exploradas e apresentadas e, assim, isto tornou-se um argumento para os arquitetos mais conservadores rotularem esta vertente como um “gênero amador”. No entanto, é sabido que por meio dos jogos, foram desenvolvidos métodos e tecnologias eficazes para sistemas mais complexos e dinâmicos de modelagem, controle e interação. Estes sistemas, muitas vezes, podem alcançar e simular muito mais do que seria possível na prática arquitetônica cotidiana.

Nosso interesse está na busca do desenvolvimento e do estudo de interfaces que possibilitem benefício mútuo através do qual estruturas arquitetônicas fundamentais possam estar ligadas à modelagem de jogos, produção e padrões de interação entre usuários. Essas interfaces poderiam estar voltadas para o uso diário dos escritórios de arquitetura, porém sabemos que aprofundar os níveis de interação demanda uma quantidade significativa de trabalho, treinamento e paciência para que o processo possa ser compreendido e como consequência, evoluir.

Em geral os jogos operam dentro de um mesmo princípio: eles são manifestações técnicas que descrevem meio de se pensar e refletem escolhas, e via de regra, são mais poderosos e adaptáveis que as técnicas de construção disponíveis, uma vez que estas após atingirem um certo limite de qualidade, muitas vezes permanecem no mesmo status sem atualização ou evolução de performance. (HOVESTADT, 2007). Esta situação pode levar a certa acomodação em relação aos usuários, justamente por não propor desafios. Já em uma situação simulada, os limites podem ser expandidos pela condição interativa dos modelos híbridos. Os ambientes não são operados apenas externamente, como em uma rede simples de causa e efeito, mas sim de

²⁴⁰ **Do original em Inglês:** “Architects must develop new interaction schemes – more organic, but with comparable technological embedding in every respect. The construction of games can serve as a paradigm for this. We must expose builders, architects and users to individual measures of provocation, antagonismo and reassurance so that modern buildings can sensibly design, build and operate.”

modo interativo, uma vez que o usuário esteja incorporado ao sistema, afetando e sendo afetado por outros. A experiência híbrida entre o ambiente digital e o físico é tão intensa que acaba por dissolver em muitos sentidos os limites da experiência do jogo.

A noção do computador desaparecendo, que é a premissa básica da noção da ubiquidade, é uma implicação de uma afirmação de Weiser²⁴¹ (1991) que aponta que “as mais profundas tecnologias são aquelas que desaparecem. São tecidas no tecido da vida cotidiana até que se tornem indistinguíveis dela”. (WEISER, 1991 p. 94. Tradução Nossa²⁴²). A ubiquidade permite a concepção de ambientes inteligentes, onde a inteligência reside no fato de que os ambientes podem ser reativos, adaptativos e responsivos à presença de atividades humanas e de outros objetos ou máquinas para oferecer serviços inteligentes em contrapartida.

De qualquer modo, retornamos a Oosterhuis (2006), que nos oferece uma importante perspectiva sobre como os jogos podem simular estes espaços e ambientes inteligentes a partir da computação:

Arquitetos projetam construções para estruturar o movimento da informação. Isto é verdade para a casa mais simples. Os planejadores urbanos projetam estratégias para estruturar o fluxo de informações na cidade. Isto é verdade para todas as cidades, grandes ou pequenas. Em vez de focalizar a aparência material de espaços que são construídos em relação aos movimentos de pessoas, devemos prestar mais atenção às membranas desses espaços no processo de projeto. Devemos também prestar atenção às aberturas nas membranas que permitem o fluxo de informação, sob qualquer forma que a informação possa ser tomada. (OOSTERHUIS 2006, p. 14. Tradução Nossa²⁴³).

Acreditamos que a tecnologia dos jogos incorporada à Arquitetura pode conectar as pessoas e os ambientes, fornecendo suporte para interações multidirecionais. Serão apresentados a seguir alguns jogos digitais que exploram o campo da Arquitetura e Urbanismo em vários níveis, no sentido de exemplificar tanto a evolução dos jogos em relação à questão espacial (realismo, simulações dos ambientes, fluxos), como à questão da interatividade entre os jogadores e os sistemas propostos, de um ponto de vista cibersemiótico.

²⁴¹ **Mark D. Weiser** (23 julho de 1952 - 27 de abril de 1999) foi um cientista-chefe da Xerox PARC, nos Estados Unidos. Weiser é amplamente considerado o pai da computação ubíqua, um termo que ele cunhou em 1988. **Do original em Inglês:** “Mark D. Weiser (July 23, 1952 – April 27, 1999) was a chief scientist at Xerox PARC in the United States. Weiser is widely considered to be the father of ubiquitous computing, a term he coined in 1988.” Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Mark_Weiser. Acesso em 16/08/2014.

²⁴² **Do original em Inglês:** “the most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into fabric of everyday life until they are indistinguishable from it”.

²⁴³ **Do original em Inglês:** “Architects design constructions to structure the movement of information. This is true for the simplest house. Urban planners design strategies to structure the flow of information in the city. This is true for all cities, big or small. Instead of focusing on the material appearance of spaces that are built with regard to the movements of people, we must pay more attention to the membranes of those spaces in the design process. We must also pay attention to the openings in the membranes allowing for the flow of information, in whatever form that information may take.”.

4.5. Jogos digitais e Arquitetura: espacialização, interatividade e estratégia.

Jogos de computador surgiram, no âmbito da pesquisa científica, em um momento no qual os computadores existentes eram ainda incapazes de gerar espaços virtuais. Posteriormente, os espaços constituídos por computadores eram focados principalmente na natureza física dos espaços, em busca de representar certos níveis de realidade. Mais recentemente, a partir das possibilidades promovidas pela conexão em redes e principalmente pela internet, os jogos ganharam também uma dimensão interativa, não só com o ambiente digital, mas com as possibilidades oferecidas aos múltiplos jogadores. Também foram acrescidas capacidades de interatividade cada vez mais ubíquas ou pervasivas²⁴⁴, a partir do desenvolvimento da tecnologia direcionada especificamente para os jogos digitais (Figura 121).

FIGURA 121: CONTROLE DO WII

Fonte: Borries et al., 2007.

²⁴⁴ **Computação ubíqua** (em inglês: *Ubiquitous Computing* ou *ubicom*) ou **computação pervasiva** é um termo usado para descrever a onipresença da informática no cotidiano das pessoas. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Computa%C3%A7%C3%A3o_ub%C3%ADqua. Acesso em 04/07/2014.

No livro *“Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level”*, Borries²⁴⁵ et al. (2006) apresentam uma visão panorâmica e evolutiva dos jogos digitais, fazendo uma paródia com o título de Siegfried Gideon, *“Space, Time and Architecture: The Growth of a New Tradition”*. Porém, assim como Gideon propusera uma análise da arquitetura moderna em seu contexto social e cronológico, Borriets et al. (2007) propõem uma análise (com metodologia semelhante) do desenvolvimento de tipologias de outros espaços que emergem da sobreposição híbrida entre o físico e o virtual. Seleccionamos alguns dos jogos estudados no livro, os quais julgamos emblemáticos para a discussão e o entendimento da própria evolução dos jogos, assim como de suas relações com a arquitetura e com as questões recortadas pela tese, os quais apresentaremos brevemente a seguir.

Em um primeiro momento, é importante retomar o começo da história dos *videogames*, o qual em termos de interfaces gráficas, se deu a partir do lançamento dos consoles *Colour TV Game* da Nintendo, em 1977 (Figura 122) e *Atari*, também em 1977 (Figura 123).

FIGURA 122: COLOUR TV GAME

FONTE: http://pt.wikipedia.org/wiki/Color_TV_Game

FIGURA 123: CONSOLE ATARI

FONTE: BORRIES ET AL., 2007.

²⁴⁵ **Friedrich von Borries** (nascido em 21 de agosto de 1974, em Berlim) é um arquiteto alemão e curador. Friedrich von Borries estudou arquitetura na *Architektur an der Universität der Künste Berlin*, o *ISA St. Luc Bruxelles* sowie na *Universität Karlsruhe*, onde recebeu seu doutorado em 2004. No período de 2001 a 2003, lecionou na *Technischen Universität Berlin* nos anos 2002-2005, ele era um associado de pesquisa no *Stiftung Bauhaus Dessau* envolvidos no trabalho de projecto. De 2007 a 2008, ele trabalhou como cientista visitante na *ETH Zurich* e *MIT Cambridge* e como professor convidado na *Akademie der bildenden Künste Nürnberg tätig*. **Do original em Alemão:** “Friedrich von Borries (* 21. August 1974 in Berlin) ist ein deutscher Architekt und Kurator. Friedrich von Borries studierte Architektur an der Universität der Künste Berlin, der ISA St. Luc Bruxelles sowie an der Universität Karlsruhe, wo er 2004 promovierte. In der Zeit von 2001 bis 2003 unterrichtete er an der Technischen Universität Berlin, in den Jahren von 2002 bis 2005 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Stiftung Bauhaus Dessau in Projektarbeiten beteiligt. Von 2007 bis 2008 war er als Gastwissenschaftler an der ETH Zürich und am MIT Cambridge sowie Gastprofessor an der Akademie der bildenden Künste Nürnberg tätig.” Fonte: http://de.wikipedia.org/wiki/Friedrich_von_Borries. Acesso em 16/08/2014.

Vários jogos como o *Pong* (Figura 124), por exemplo, que rodava no Atari, usavam o recurso gráfico dos pixels para desenhar e representar objetos e ambientes:

FIGURA 124: PONG
FONTE: BORRIES ET AL., 2006.

Como podemos observar na Figura 124, a ideia era simular um ambiente de um jogo de ping-pong, por exemplo, com o espaço da mesa de jogo contido em uma vista superior e a partir de um ponto que representava uma bola e linhas verticais que representavam as raquetes. O jogador controlava as raquetes por meio de *joysticks*, e a interação entre as raquetes e a bola era programada para respeitar as leis mais básicas da física, ainda que de um modo bastante rudimentar. O jogador era considerado como um agente externo ao ambiente do jogo. (POREMBA, 2007).

Outro jogo que ainda pertence a esta fase 2D, mas que já propõe uma característica de espaço envolvente, no qual o usuário estaria pretensamente inserido no ambiente do jogo é o *Pac-Man*, da *Namco* (Figura 125), já no ano de 1980, e que incorpora a concepção de planta arquitetônica, no sentido geométrico de uma vista ortogonal:

FIGURA 125: PAC-MAN
FONTE: BORRIES ET AL., 2006.

Em um labirinto, o jogador deveria cumprir basicamente três objetivos: comer todas as pastilhas, evitando os fantasmas e eventualmente, ao comer algumas frutas com poderes especiais, capturar os fantasmas. Em termos espaciais, pode-se dizer que a estrutura de labirinto reforça o drama e a dinâmica do jogo, o qual funciona como uma espécie de arena, onde a tática de movimentação e da escolha das direções a serem tomadas devem ser rápidas e precisas (GINGOLD, 2007).

A partir daí, a evolução tanto dos consoles quanto dos jogos possibilitou uma variedade enorme e sofisticada dos níveis de representação, avançando para o 3D, que simularam e simulam a realidade física nos ambientes digitais. Avançaremos alguns anos para focar na questão da interatividade, a qual nos interessa mais para o recorte proposto, por relacionar-se com a performance dos usuários e com as teorias até agora discutidas neste capítulo. Isso representa também um salto na característica dos jogos de um nível individual para um nível coletivo, contemplando relações não somente com a Arquitetura mas também com o Urbanismo.

O *SimCity* (Figura 126) da *Maxis*, lançado em 1989, é um jogo relevante no sentido do avanço que representa na transição de um jogo de entretenimento para um jogo de planejamento, cujas estratégias representam ações que simulam o comportamento das cidades.

FIGURA 126: SIMCITY
FONTE: BORRIES ET AL., 2006.

SimCity demonstra a necessidade fundamental de se observar e interagir com sistemas, habilitando os jogadores a testar teorias e construir modelos mentais. Projetado a partir de importantes referências como o Professor do MIT Jay Forrester²⁴⁶, autor do livro *Urban*

²⁴⁶ **Jay Wright Forrester** (Anselmo, 14 de julho de 1918) é um informático e engenheiro de sistemas estadunidense. Foi professor da MIT Sloan School of Management. Foi também o fundador da dinâmica de sistemas, que simula as interações entre objetos em sistemas dinâmicos. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Jay_Wright_Forrester. Acessado em 31/07/2014.

Dynamics (Dinâmicas Urbanas) e como o Arquiteto e Matemático Christopher Alexander²⁴⁷, especialmente do seu ensaio *A City is not a Tree* (A cidade não é uma Árvore) no qual defende que na cidade, um padrão do tipo árvore é compartimentado em seções ou regiões individuais e que ao invés dessa premissa, as seções se sobrepõem e se inter-relacionam umas com as outras de modo dinâmico. Assim, *SimCity* expressa um desejo de influenciar, a partir do planejamento, tanto a política quanto a educação, alimentando a reflexão sobre a natureza de cidades ideais. (Lobo, 2007).

Outro jogo semelhante, que surgiu a partir do *SimCity*, e que merece citação é o *The Sims* (Figura 127) da Maxis, lançado em 2000, que possibilita aos jogadores criar um bairro, com moradores simulados e a partir daí, manipular suas vidas. Os usuários têm o objetivo de atuarem com mantenedores das famílias que criam, participando de diversas atividades cotidianas de um típico morador do subúrbio norte-americano, como por exemplo, ir às compras, comer e dormir.

FIGURA 127: THE SIMS
FONTE: BORRIES ET AL., 2006.

O espaço possível de manipulação segue em muitos sentidos a própria lógica norte-americana de uso e ocupação do espaço. O usuário deve construir sua própria casa e pode, inclusive optar, por destruir construções existentes, passando a patrula literalmente nesses lotes. (FLANAGAN, 2007).

Em 2003, a companhia *Linden Lab* lança o *Second Life* (Figura 128), um jogo que propõe expandir a noção de virtualidade a partir da configuração de personagens híbridos, ou avatares, que podem explorar um mundo paralelo, em termos de vivência e de (re)corporificação da própria

²⁴⁷ **Christopher Alexander** (Viena, 4 de outubro de 1936) é um arquiteto, matemático e urbanista austríaco. É professor emérito da Universidade da Califórnia em Berkeley. Foi um dos críticos da arquitetura moderna apontando a desagregação social causada por ela. Seus estudos contribuíram para a utilização de padrões geométricos e matemáticos no urbanismo e arquitetura. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Christopher_Alexander. Acessado em 31/07/2014.

condição humana. Os avatares podem se relacionar com outros em tempo real e podem também ser configurados de acordo com o desejo dos jogadores, tanto em suas características físicas (podem inclusive voar), como sociais. Podem também criar todo o tipo de material, comprar e vender coisas e oferecer os mais variados tipos de serviços, criando inclusive, todo um sistema econômico com uma moeda própria, o Linden Dollar.

FIGURA 128: SECOND LIFE
FONTE: FONTE: BORRIES ET AL., 2006.

A Arquitetura que se manifesta nos espaços do *Second Life* pode parecer em muitos sentidos surreal, e seus jogadores, ou residentes, buscam uma gama variada de interesses que acabam por criar inúmeras comunidades ou sob certo sentido, tribos contemporâneas, que passam a produzir suas subculturas. Não há limite para o número de interesses compartilhados nem para as atividades desenvolvidas pelos usuários. (SCHMIDT, 2006).

Caracterizado como um jogo que essencialmente reforça a noção de ubiquidade e lançado em 2003 pela *Newt Games*, MOGI (Figura 129) se utiliza da tecnologia da telefonia celular e da *internet* para criar um jogo baseado em conceitos RPG (*Role-Playing Game*), uma espécie de jogo com interpretação de papéis. MOGI propõe um jogo com múltiplos usuários que formam times e que devem cumprir certas missões.

FIGURA 129: MOGI

FONTE: BORRIES ET AL., 2006.

Um forte senso de realidade e de sentimentos conectados surgem a partir da ação de ver e estar sendo visto pelos outros usuários. Novos padrões de comunicação emergem a partir de se estar jogando com outros ao mesmo tempo e na mesma área, facilitando o contato entre os jogadores. MOGI explora outros modos de interação ao mesmo tempo com o espaço e o tempo, gerando uma sensação de estar em um mundo aumentado e compartilhado pelos seus usuários (JOFFE, 2006).

CatchBob (Figura 130), lançado pela *CRAFT* em 2004, utiliza tecnologias como a computação pervasiva ou penetrante e aplicações baseadas em localização para proporcionar aos jogadores a possibilidade de revisitar o movimento Situacionista, o grupo internacional *avant-garde* de artistas e pensadores criado em 1957.

FIGURA 130: CATCHBOB
FONTE: BORRIES ET AL., 2006.

Trata-se de um jogo no qual grupos de três jogadores trabalham em conjunto em uma caça ao tesouro colaborativa em um campus universitário real, em Lausanne na Suíça. O jogo roda em *tablets* individuais e permite que cada jogador da equipe observe a posição dos demais e façam anotações que permanecem visíveis para os demais por algum tempo. O conceito de deriva, proposto por Guy Debord e que influenciou os Situacionistas na formação de sua Teoria do Espaço, é incorporado no jogo, proporcionando vários níveis de interações não só com o ambiente físico, como com níveis sociais e culturais utilizados na estratégia da caça ao tesouro (NOVA e GIRARDIN, 2006).

Architecture_Engine_1.0 (Figura 131) é um jogo desenvolvido em 2005 pela Faculdade de Arquitetura e Planejamento da Universidade de Tecnologia de Viena. Trata-se de um jogo de computador que possibilita ao jogador atuar em um ambiente virtual 3D e cujo foco é mostrar como um jogo pode ser utilizado em um processo de projeto em arquitetura.

FIGURA 131: ARCHITECTURE_ENGINE_1.0
 FONTE: BORRIES ET AL., 2006.

A ênfase do *Architecture_Engine_1.0* é usar e rodar scripts próprios dentro do mecanismo do jogo. O processo de uma tarefa arquitetônica, que é o desafio do jogo, é dividido em dois momentos: o primeiro, projetar e o segundo, jogar. O primeiro momento especifica regras e define as condições ambientais do espaço virtual, como por exemplo, gravidade, escala, tempo de jogo e objetivos a serem atingidos. No segundo momento, os arquitetos tornam-se os jogadores experienciando o seu próprio design e tentam vencer o seu próprio (HOOG, 2006).

Como podemos perceber a partir dos exemplos analisados, e que representam uma ínfima amostragem retirada de um cenário amplo e muito variado, existem muitas possibilidades de diálogos e desenvolvimentos possíveis entre os jogos digitais e arquitetura. Bart Lootsma, em entrevista aos editores de *“Space Time Play”*, fala da importância dos jogos digitais e da necessidade do desenvolvimento de uma teoria específica de jogos de arquitetura:

Acho que os novos meios de comunicação e especialmente os novos desenvolvimentos no campo dos jogos de computador têm uma grande influência sobre a forma como atualmente experimentamos as cidades e assim será no futuro. [...] Eu acredito que se pode ver desenvolvimentos específicos e lógicas específicas nesses mecanismos. Jogar jogos pode ajudar a estabelecer e testar novos relacionamentos. Isso tudo pode ser uma necessidade, uma consequência do neoliberalismo, mas, ao mesmo tempo, deve-se continuar tentando novas possibilidades. Acredito que no planejamento urbano e na arquitetura, há sempre riscos coletivos a serem encarados, assim como existem sempre desejos e demandas coletivos para satisfazer.

Se isso for feito em um nível lúdico, é agradável e também gera algo novo. (LOOTSMA, 2006. p. 406. Tradução Nossa ²⁴⁸).

Sem dúvida, a condição de se encarar novos desafios e correr riscos de modo lúdico, proporciona uma outra abordagem, onde os testes podem ser implementados de modo a retroalimentar o processo, e os níveis de comunicação entre os participantes podem ser aprofundados. Disso resulta uma interação com o ambiente e por consequência com as cidades que altera a experiência dos cidadãos, não apenas como agentes usuários do espaço, mas como *co-designers* das experiências que podem ser proporcionadas. Também em entrevista aos editores de “*Space Time Play*”, William Mitchell²⁴⁹ fala sobre a questão:

Estas tecnologias criam uma nova relação entre a cidade e seus usuários. Elas criam uma nova narrativa da cidade. E eu tendo a pensar que estas narrativas que se desdobram quando você se move pela cidade e as narrativas que são mapeadas para a cidade são muito importantes para o desenho urbano. Narrativas fazem a cidade. [...] Então eu acho que a relação entre as novas tecnologias de jogos e o espaço é muito importante. No futuro, localização referenciada e jogos pervasivos irão criar um novo tipo de estrutura narrativa no espaço urbano, e dispositivos baseados em localização irão mapear a narrativa sobre o espaço da cidade de maneiras muito interessantes. (MITCHELL, 2006. P. 408. Tradução Nossa ²⁵⁰).

Podemos presumir que quando Mitchell fala de novas relações entre a cidade e seus usuários, poderia estar falando também de uma potencialização dos níveis de participação dos cidadãos na tomada de decisões em relação a como os espaços poderiam ou deveriam ser projetados e gerenciados pela coletividade. Em um ambiente híbrido, o mundo virtual permeia o mundo físico e o mundo físico permeia o mundo virtual, gerando zonas híbridas de ambiguidade, que podem se mostrar as mais interessantes em termos de conflitos e demandas que podem

²⁴⁸ **Do original em Inglês:** “I think that new media and specially new developments in the field of computer games have a very large influence on the way we currently experience cities and will in the future. [...] I believe that one can see specific developments and specific logics in these mechanisms. Playing games can help establish and test out new relationships. This may all be a necessity, a consequence of a neoliberalism, but at the same time, one must keep on trying new possibilities. I believe that in urban planning and in architecture, there are always collective hazards to face, just as there are always collective desires and demands to satisfy. If this is done on a ludic level, it's enjoyable and also generates something new. ”

²⁴⁹ **William John Mitchell** (15 dezembro de 1944 - junho 11 2010) foi um arquiteto e urbanista nascido na Austrália, que desempenhou um papel importante no planejamento de um grande projeto de expansão do Instituto de Tecnologia de Massachusetts. **Do original em Inglês:** William John Mitchell (15 December 1944 – 11 June 2010) was an Australian-born architect and urban designer, who played a major role in planning a major expansion project at the Massachusetts Institute of Technology. “Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/William_J._Mitchell. Acesso em 31/07/2014.

²⁵⁰ **Do original em Inglês:** “These Technologies creates a new relationship between the city and its users. They create a new narrative of the city. And I tend to think that these narratives that unfold as you move through the city and the narratives that are mapped onto the city are very importante to urban design. Narratives make the city. [...] So I think the relation between new game Technologies and space is very important. In the future, location-based and pervasive games will create a new kind of a narrative structure in urban space, and location-based devices will map the narrative down on the space of the city in very interesting ways. ”

emergir, a partir de abordagens de baixo para cima, caso, obviamente, este seja o interesse de quem planeja os espaços.

Apresentaremos a seguir, dois estudos de caso diretamente relacionados à nossa experiência de pesquisa de doutorado, que demonstram aplicações práticas realizadas no ambiente de pesquisa acadêmica e que visam discutir e apontar possibilidades relacionadas às estratégias colaborativas, principalmente na fase inicial de projeto, onde os parâmetros são configurados e os inputs são definidos, a partir da mediação digital, e nos quais muitos dos conceitos utilizados foram fundamentados nas teorias discutidas no presente capítulo.

O primeiro caso será apresentado no item “Projetar jogando: uma brincadeira séria”, e trata da experiência colaborativa de projeto *Multiplayer Design Studio*, realizado em setembro de 2006 pelo grupo de pesquisa *Hyperbody*, da TU Delft. O segundo caso será apresentado no item “*Social Inputs*: parametrizando o social”, e trata do processo de projeto desenvolvido para o *Pavilhão Slice*, realizado pelo grupo de pesquisa *Nomads.usp*, dentro da ação *Fabricação Digital* do projeto de políticas públicas *Territórios Híbridos: meios digitais, comunidades e ações culturais* (processo FAPESP 09/51457-5), em 2012.

4.6. Projetar jogando: uma brincadeira séria.

O distrito de arte 798 (Figura 132) está localizado na parte nordeste de Pequim. Antigamente ocupado por fábricas da indústria eletrônica, em 2007 este local havia se desenvolvido tornando-se um local vibrante, cheio de galerias de arte, espaços de exibição, cafés e escritórios ligados às atividades criativas. Segundo Oosterhuis 2008, trata-se de um dos lugares mais interessantes da cidade, principalmente do ponto de vista cultural. Porém, apesar deste desenvolvimento, algumas áreas – especialmente a parte oeste do distrito – necessitam desenvolver-se e, conseqüentemente, carecem de planejamento. Em princípio, a expansão desta área deveria ser flexível e diversificada, e assim, a tarefa de se trabalhar com uma parte do distrito, a fábrica 751, foi proposta como desafio de projeto.

FIGURA 132: ÀREA 798: LOCALIZAÇÃO
FONTE: OOSTERHUIS, 2008.

O objetivo inicial que motivou a experiência do *Multiplayer Design Studio*, foi conduzir o grupo de vinte e três estudantes vindos de várias partes do mundo e reunidos no workshop realizado pelo *Hyperbody* na TU Delft, de modo que pudessem cooperar em um ambicioso esquema de planejamento, imposto como desafio em uma estratégia do tipo *top-down*, mas ao mesmo tempo colaborando em uma abordagem do tipo *bottom-up* nas subpartes que compõem vários níveis do projeto. Na prática, isto significou que para projetar de modo simultâneo cada subparte, os estudantes tiveram que negociar o tempo todo com seus vizinhos, afetando e sendo afetado por eles. (Oosterhuis e Jaskiewicz, 2007).

Paralelamente a este processo, outro grupo de estudantes trabalhava em colaboração na *Southeast University* em Nanjing, porém desenvolvendo os projetos a partir de métodos tradicionais. Foi criado um site, que funcionou como uma esfera urbana tridimensional (Figura 133) e cada um dos estudantes ficou responsável por uma das vinte e três peças que formavam o quebra-cabeças.

FIGURA 133: ESFERA URBANA DE ATUAÇÃO
FONTE: OOSTERHUIS, 2008.

Como princípio metodológico, cada estudante foi encorajado a ser criativo e inovador, e lhes foi permitido qualquer tipo de proposta, desde que obedecidas nove regras, definidas como parâmetros iniciais (Oosterhuis e Jaskiewicz, 2007):

1. Um programa de uso misto, para desenvolvimento de uma área construída de 1.000.000m²
2. Um programa contido em uma esfera virtual de 8.000.000m², prevendo-se 25% deste total para iluminação deste enorme corpo urbano.
3. Foi proporcionado aos estudantes um quebra-cabeças tridimensional para interligação, com o mesmo número de partes que o número de estudantes.
4. Cada peça tridimensional se comunica e negocia apenas com seus vizinhos imediatos.
5. Cada peça do quebra-cabeças tridimensional tem um requisito específico de programa (habitação, escritório, comércio, cultural, educacional, lazer, etc.).
6. A localização será exatamente no coração da área 751.
7. Cada peça administra sua entrada de dados, processamento de dados e saída de dados, e comunica os parâmetros em uma base de dados dinâmica, compartilhando com seus vizinhos imediatos.
8. Cada peça tem que sustentar-se estruturalmente e compartilhar a carga de dados estruturais com seus vizinhos imediatos.
9. A esfera precisa produzir a mesma quantidade de energia que consumir.

Estas regras foram baseadas na ideia do *Swarm Behaviour*, assim cada membro do *swarm* comunica-se apenas com seus vizinhos imediatos. A forma do *swarm* não é imposta por nenhum de seus membros e, portanto, o *swarm* não possui um líder. Além disso, cada membro do *swarm* não tem consciência do todo, e a forma do *swarm* é o resultado equilibrado de interações bidirecionais entre os membros actantes e as condições climáticas exteriores, que impõem o tamanho e a direção do *swarm*.

As decisões de projeto tomadas por cada um poderiam muitas vezes requisitar ajustes nas decisões de projeto de outros. As circunstâncias do método utilizado levaram os estudantes a trabalhar de modo paramétrico, portanto, os projetos poderiam ser modificados imediatamente assim como os entornos envolvidos. (Oosterhuis e Jaskiewicz, 2007). A seguir, a partir de Oosterhuis (2008), apresentamos uma tabela que sintetiza os resultados de projeto do workshop e a posição relativa dentro da esfera 3D que representa o quebra-cabeça e as ligações no *swarm*:

Peça do quebra-cabeças posicionada na esfera 3D	Zona Proposta Autor	Imagem do projeto
<p>Zona 1</p> <p>Torre de Água</p> <p>Da Wang</p>

<p>Zona 2</p> <p>Nômades Urbanos</p> <p>Christina Rangel</p>

<p>Zona 3</p> <p>Esferas de Arame</p> <p>Marije van der Laag</p>

<p>Zona 4</p> <p>High Five</p> <p>Nora Schuler</p>

<p>Zona 5</p> <p>Orientação</p> <p>Transporte</p> <p>Suporte</p> <p>Miroslava Tumova</p>

<p>Zona 6</p> <p>Hotel +</p> <p>Hall do Congresso</p> <p>Roman Krajger</p>

<p>Zona 7</p> <p>A rede</p> <p>Christian Mack</p>

<p>Zona 8</p> <p>Acampamento 3D</p> <p>Tomas Lapka</p>

<p>Zona 9</p> <p>Hexagonais</p> <p>Alexander Bauman</p>

<p>Zona 10</p> <p>Cidade 3D</p> <p>Jedrzej Kolesisnski</p>

<p>Zona 11</p> <p>Gerando 751</p> <p>Ewoud Ruifrok</p>

<p>Zonas 12-15</p> <p>Colméia</p> <p>Jenna Fizel, Eva Kiesel, Isil Sencar, Felix Wurst</p>

<p>Zona 16</p> <p>Casa + Escritório</p> <p>Magdalena Garbarczyk</p>

<p>Zona 17</p> <p>Cidade em uma Cidade</p> <p>Sema Alaçam Aslan</p>

<p>Zona 18</p> <p>Estômago</p> <p>Feng Lin</p>

<p>Zona 19</p> <p>Espaçonave Mecânica</p> <p>Julien Westerfeld</p>

<p>Zona 20</p> <p>Circo Voador Cultural</p> <p>Lukas Mahlkecht</p>

<p>Zona 21</p> <p>Fora da Cidade</p> <p>Astrid Mitterlehner</p>

<p>Zona 22</p> <p>Feito no Espaço</p> <p>Tobias Schimme</p>

<p>Zone 23</p> <p>Intermediador</p> <p>Theresa Schültz</p>

O exercício de projeto realizado na *Southeast University*, não será aqui apresentado, em função de usar outra metodologia de projeto que não é objeto de nossa presente discussão. Oosterhuis e Jaskiewicz (2007) apontam que cada um dos vinte e três projetos tornou-se uma parte do *swarm* que formou um todo muito maior do simplesmente a soma de cada uma das partes. Destacamos que nosso foco é no processo desenvolvido e nas possibilidades que o método colaborativo a partir da mediação digital pode proporcionar, mais do que o produto final ou as questões de ordem formal/espacial que são relacionadas.

De qualquer modo, apresentamos na figura 134, uma simulação da integração de todos os projetos em um único edifício, de acordo com a montagem pretendida pelo quebra-cabeças:

FIGURA 134: MULTIPLAYER DESIGN STUDIO: SIMULAÇÃO FINAL
FONTE: OOSTERHUIS, 2008.

Para o arquiteto Kas Oosterhuis, o próximo passo lógico do método de projeto com múltiplos projetistas seria introduzir outros especialistas no processo de projeto, os quais poderiam validar e influenciar conceitos estruturais, materiais e econômicos, por exemplo, além de outros pontos de vista.

4.7. Parametrizando o Social: *inputs* de ordem sociocultural.

Apresentaremos a seguir uma experimentação que envolveu o uso do *Design Paramétrico* e Fabricação Digital, e que trabalhou com a alimentação do sistema a partir de *inputs* de ordem sociocultural. Trata-se da ação Fabricação Digital do projeto *Territórios Híbridos: meios digitais, comunidades e ações culturais* (processo FAPESP 09/51457-5), desenvolvido pelo grupo de pesquisa Nomads.usp junto à comunidade do CDHU em São Carlos/SP - Brasil - em 2012.

Em primeiro lugar, é preciso contextualizar a ação, não apenas situando-a dentro de um projeto mais amplo, o Territórios Híbridos, mas também o modo como ocorreu e as relações sociais e culturais que estão estabelecidas, uma vez que as trocas realizadas entre os diferentes sistemas foram determinantes no planejamento e na organização das atividades. Segundo Nojimoto²⁵¹ et al. (2013), a questão da organização é central em um evento que reúne muitos participantes e em vários níveis:

Organizar e realizar uma ação cultural é uma atividade complexa. Ela envolve a articulação de aspectos bastante variados, o enfrentamento de situações nem sempre previstas, o trabalho colaborativo com agentes de áreas distintas, cada um com seus interesses, objetivos e modos de fazer, além do respeito a cronogramas, prazos e orçamentos. Uma ação cultural pressupõe a construção de uma complexa trama de relações formada por todos os envolvidos, de maneira a estimular a participação efetiva de cada um, com suas atribuições específicas, suas características próprias e, ao mesmo tempo, interações e trocas entre todos. (NOJIMOTO et al. 2013, p. 56).

Ainda segundo os autores, o objetivo da ação Fabricação Digital foi promover a aproximação de diversos participantes, desde os próprios moradores do conjunto habitacional, passando por alunos e professores de escolas de arquitetura, até setores da indústria local, organizações do terceiro setor e poder público. (NOJIMOTO et al. 2013). De acordo com Ventura²⁵² e Pratschke (2013), foi também objetivo da ação Fabricação Digital “construir um pavilhão temporário a ser implantado na Praça das Mangueiras, junto ao conjunto habitacional, Waldomiro Lobbe Sobrinho - CDHU, localizado na periferia da cidade de São Carlos, para realização de atividades culturais dos moradores deste local. “(VENTURA E PRATSCHKE, 2013 p. 748).

²⁵¹ **Cynthia Nojimoto** possui graduação em Arquitetura e Urbanismo - USP - Escola de Engenharia de São Carlos (2004) e mestrado em Arquitetura e Urbanismo - USP - Escola de Engenharia de São Carlos (2009). Atualmente faz doutorado no Instituto de Arquitetura e Urbanismo-USP e é pesquisadora do Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos.

²⁵² **Anelise Ventura** é arquiteta e pesquisadora do grupo Nomads.usp - Núcleo de Estudo de Habitares Interativos, nas linhas de pesquisa Processos de Design e Espacialidades Híbridas. Desde 2012 é mestranda do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (USP) em São Carlos. Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela PUC de Campinas (1998); Graduada em Design de Multimídia e Mestre Profissionalizante em Exhibit Design, ambos pelo Istituto Europeo di Design de Turim, Itália (2001). MBA em Branding - Gestão de Marcas pelas Faculdades Rio Branco de São Paulo (2005). Fonte: <http://lattes.cnpq.br/5176136885064282>. Acesso em 16/08/2014.

De acordo com o site da ação Fabricação Digital²⁵³, a ação foi composta por quatro eventos:

- O primeiro, denominado EVENTO 1, foi um evento cultural realizado no CDHU e denominado OCUPA, com o objetivo de debater as questões relacionadas ao espaço público e despertar o envolvimento e a participação dos moradores e usuários do conjunto habitacional.
- O segundo, o WORKSHOP 1, reuniu estudantes de vários lugares do país, e estabeleceu o começo do processo de projeto, a fabricação e montagem do pavilhão, a partir das informações coletadas durante e após o evento OCUPA.
- O terceiro, o WORKSHOP 2, envolveu a finalização do processo de projeto, e a prototipagem em escalas reduzidas do pavilhão, visando ajuste e correções.
- O quarto e último, denominado EVENTO 2, trataria da montagem do pavilhão no CDHU, com o envolvimento dos moradores.

O recorte desta apresentação será a fase inicial de projeto da ação, focando no EVENTO 1 (Figura 135), e no WORKSHOP 1 (Figura 136), onde todos os jogadores ou atuadores no processo foram identificados e as regras para participação foram definidas em vários níveis.

FIGURA 135: CARTAZ DO
EVENTO 1
FONTE: NOMADS.USP.

FIGURA 136: CARTAZ DO WORKSHOP 1
FONTE: NOMADS.USP.

No EVENTO 1, foram apresentadas possibilidades formais e construtivas que o design paramétrico e a fabricação digital poderiam proporcionar. Além disso, os participantes do evento puderam visualizar como seria o pavilhão e como sua espacialidade poderia ser alterada

²⁵³ Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/territorios.hibridos/acoes/espaco/fabdig>. Acessado em 07/07/2014.

com o uso de software paramétricos. A partir da criação de um meta-design, equipamentos (computadores equipados com os *software Rhinoceros e Grasshopper*, e telões com fotografias da paisagem local) foram instalados no espaço de lazer e esportes junto à comunidade, onde ocorreria o EVENTO 1, e a através da manipulação de alguns parâmetros, previamente discutidos com os moradores do bairro, cada morador pode explorar a criação de um pavilhão, inicialmente previsto para abrigar o centro comunitário do referido conjunto habitacional. (Figura 137).

FIGURA 137 - METADESIGN NA PAISAGEM LOCAL - CDHU – SÃO CARLOS/SP, BRASIL.
FONTE: ALVES E PRATSCHKE, 2013.

Com esta ação, pretendeu-se instigar, portanto, o público participante a pensar em diferentes espacialidades e demonstrar que o pavilhão poderia ser de fato construído com o envolvimento dos diversos atores envolvidos no processo, especialmente os moradores do CDHU.

No WORKSHOP 1, professores, tutores e estudantes de arquitetura e urbanismo continuaram com o desenvolvimento do pavilhão produzindo protótipos em escala reduzida, tanto do todo como das partes que compunham o pavilhão, e realizando testes, envolve a construção de modelos do projeto em escala reduzida utilizando os processos de fabricação digital.

De acordo com Ventura e Pratschke (2013), o WORKSHOP 1 reuniu as seguintes atividades:

- Apresentação e discussão sobre projetos paramétricos, técnicas de fabricação digital e visita ao local;
- Apresentação e familiarização com os *software*;
- Montagem do espaço de trabalho e divisão da equipe em grupos para a reflexão de um possível projeto de pavilhão;
- Divisão dos participantes em duplas para realizarem propostas de projetos para o pavilhão, dentro de um período de três horas, a fim de explorar o poder de criação dos participantes;
- Início das discussões sobre as limitações existentes;
- A partir das similaridades das propostas apresentados pelas duplas e das discussões e questões levantadas, os participantes foram reagrupados em duas grandes equipes, para desenvolver o projeto final;
- Palestras com Profª Dra. Gabriela Celani e pesquisadores MSc. Jarryer e Arq. Wilson Barbosa, do LAPAC, da Unicamp, para a ampliação do conhecimento sobre os processos de fabricação digital;
- Desenvolvimento do projeto e fabricação do pavilhão. (VENTURA E PRATSCHKE, 2013 p. 748-749).

A Figura 138 mostra a interface computacional (*Rhino + Grasshopper*) da consequente evolução do projeto explorando a espacialidade criada a partir dos parâmetros pré-definidos no design colaborativo realizado na ação:

FIGURA 138: PAVILHÃO SLICE: SCRIPT GRASSHOPPER + RHINO
 FONTE: ALVES E PRATSCHKE, 2013.

A figura 139, mostra um protótipo intermediário, desenvolvido em escala reduzida, durante o WORKSHOP 1:

FIGURA 139: PROTÓTIPO DO PAVILHÃO SLICE EM ESCALA REDUZIDA
FONTE: AUTOR, 2012.

Este e outros protótipos foram fundamentais para a evolução do projeto e as correções devidas em relação ao pavilhão, produzido posteriormente. Segundo Oosterhuis (2003), em relação à importância dos protótipos, é que eles contêm uma quantidade de informações, muitas vezes não-visíveis, que reúnem uma série de conversações, colaborações, consultas, argumentos, negociações, debates, disputas e *brainstorms*, criando um universo de jogo que impulsiona o design para a evolução:

Desenvolver o protótipo é um jogo sério. O protótipo é conjunto complexo de regras e escolhas. Um complexo conjunto de fórmulas e parâmetros. O processo de interação, comunicação e design colaborativo é um jogo paramétrico. Os designers projetam as regras do jogo, e no final do projeto, eles jogam o jogo. Eles projetam o design. Jogar o jogo paramétrico da arquitetura é vivenciado pelos jogadores como um divertimento sério formal. O design é a fórmula, jogar o jogo significa definir os parâmetros. (OOSTERHUIS, 2003. P. 76. Tradução Nossa²⁵⁴).

Parece-nos que a questão principal que envolve o processo de projeto do pavilhão *Slice*, que se utiliza da mediação digital e passa por design paramétrico e fabricação digital, diz respeito às questões levantadas em relação à definição de parâmetros com características colaborativas e interativas, e que se relacionam com as teorias discutidas anteriormente neste capítulo.

²⁵⁴ **Do original em Inglês:** "Developing the prototype is a serious game. The prototype is complex set of rules and choices. A complex set of formulas and parameters. The process of interaction, communication and collaborative design is a parametric game. The designers design the rules of the game, and at the end of the project, they play the game. They design the design. Playing the parametric game of architecture is experienced by the players as a form serious fun. The design is the formula, playing the game means setting the parameters."

Cabe considerar que vários eventos culturais precederam e também ocorreram em paralelo à ação Fabricação Digital, previstos pelo projeto Territórios Híbridos como uma das estratégias de aproximação com a comunidade. Atrair a atenção dos moradores para suas próprias questões, conquistar a confiança da população para o projeto, enquanto se coloca como uma espécie de facilitador e ao mesmo tempo como um observador de segunda ordem, são questões de grande relevância para os arquitetos e projetistas, em direção à uma abordagem de projeto mais do tipo *bottom-up*.

Provocar e gerenciar os conflitos de modo positivo, como sugere a Teoria de Atores em Rede de Latour, posicionar-se dentro do *swarm*, mas ao mesmo tempo oportunizando a emergência de outras lideranças, como defende Kas Oosterhuis, e criar um *design* de processo que facilite a interação entre múltiplos jogadores, tudo isso pode favorecer muito, ao que tudo indica, que a partir da mediação digital, processos mais colaborativos de projeto possam ocorrer, gerando uma condição de melhora da autoestima dos envolvidos - no caso do Pavilhão *Slice*, os moradores do CDHU - além de uma atuação mais precisa em relação às demandas e necessidades da comunidade.

Segundo Nojimoto²⁵⁵ et al (2013), todos os agentes envolvidos na ação Fabricação Digital formam um sistema que ao mesmo tempo contém e interage com os outros, e portanto, é um sistema complexo:

[...] a ação constitui um sistema maior composto por outros, agregando um caráter complexo à essa trama de interações. É necessário compreender aspectos específicos de cada um desses agentes para a construção de uma política pública que se propõe a tecer redes, e que extrapola a área da cultura ao estender estas redes à formação e pesquisa em projeto de arquitetura e ao sistema local de produção e construção de edificações. (NOJIMOTO et. al, 2013. pp. 69-60).

Julgamos relevante manifestar, como pesquisadores e principalmente como professores de escolas públicas de Arquitetura e Urbanismo, que há grande expectativa que este tipo de ação estratégica, o qual propõe a integração efetiva e participativa dos cursos de Arquitetura e Urbanismo junto às comunidades e suas demandas sociais e culturais, possa cada vez mais ser experimentado e fomentado principalmente em nível acadêmico.

Para Nojimoto et. al (2013),

De fato, utilizar técnicas de design paramétrico e de fabricação digital no projeto do pavilhão, os estudantes de arquitetura exploram estratégias de projeto aprendidas em seus cursos, através da

²⁵⁵ **Cynthia Nojimoto** possui graduação em Arquitetura e Urbanismo - USP - Escola de Engenharia de São Carlos (2004) e mestrado em Arquitetura e Urbanismo - USP - Escola de Engenharia de São Carlos (2009). Atualmente faz doutorado no Instituto de Arquitetura e Urbanismo-USP e é pesquisadora do Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos. Fonte: <http://lattes.cnpq.br/5105665359999390>. Acesso em 16/08/2014.

construção rápida de modelos e, efetivamente, da edificação. Essa operação também estimula os universitários a dominar programas computacionais paramétricos e reforça a demanda à universidade de criação de uma estrutura física de laboratórios e equipamentos específicos para a fabricação digital. Por fim, o envolvimento dos alunos aproxima a universidade da comunidade, compartilhando com a população conhecimentos produzidos em pesquisas acadêmicas e, inversamente, retroalimentando ensino e pesquisa. (NOJIMOTO et. al, 2013. p. 60).

Sabemos que existem muitas outras formas de se proporcionar o envolvimento entre a universidade e a comunidade. Sabemos também, que de modo algum, esperamos eliminar os problemas característicos presentes em qualquer processo de projeto. Porém salientamos que os processos digitais de projeto, podem conferir características desejáveis de interação, como por exemplo, permitir que uma pessoa da comunidade possa experimentar certos níveis de parametrização, visualizando um resultado possível com a sua participação, em tempo real. Na mesma direção, a facilidade e a transparência no processo de produção, que pode ser ajustado em função dos parâmetros definidos de modo colaborativo, e que permitem que se seja possível fabricar quantas peças sejam necessárias e ao mesmo tempo que sejam estas únicas (não há a necessidade de repetição objetivando ganho de escala) também para o jogo do projeto, uma outra possibilidade de relacionar-se melhor com as demandas voltadas para a performance, envolvendo inúmeros aspectos que podem ser considerados como parâmetros, conforme tratamos nos capítulos anteriores.

Considerações sobre o Capítulo 4

Em primeiro lugar, gostaríamos de registrar que achamos extremamente relevante que cada vez mais arquitetos e *designers* não apenas discutam processos, mas tratem dos desenvolvimentos que possam fazê-los funcionar, efetivamente. Compreender e analisar a complexidade envolvida na retroalimentação das questões teóricas e de ordem prática, e que são inerentes aos processos digitais de projeto, potencializa a busca pelo equilíbrio entre o saber e o saber fazer, característicos da produção científica.

Neste capítulo, visamos discutir e destacar alguns princípios teóricos e também experimentos importantes para a construção da tese. Buscamos dar ênfase às características operacionais que permeiam processos digitais de projeto, e também à estratégias e comportamentos possíveis de serem aplicados em sistemas compostos por redes e conexões socioculturais estabelecidas entre seres humanos, mas que também envolvem as máquinas, as quais fornecem um contexto de atuação, por exemplo, para os jogos interativos, o design paramétrico e a fabricação digital.

Iniciamos por abordar a Teoria de Atores em Rede, de Bruno Latour e tentamos analisar as características fundamentais de sua visão sobre as redes sociais, suas ligações e implicações tecnológicas e a importância de mediação nas relações que envolvem todos os atores participantes de um determinado sistema.

Na sequência, estudamos o Comportamento de Bando, ou *Swarm Behaviour*, o qual nos fornece a noção biológica de comportamento coletivo presente em muitas espécies na natureza, mas mais do que isso, nos possibilita visualizar uma estratégia de projeto com características evolutivas de emergência de auto-organização.

Na mesma direção, a análise das características de Sistemas de Agentes Múltiplos, ou Multi-Agentes, forneceu-nos a fundamentação para o melhor entendimento acerca da comunicação e da interação, que são premissas básicas para a configuração de sistemas capazes de evoluir e aprender, dentro de condições específicas.

Todos estes conceitos são, por sua vez, requisitos básicos para a compreensão da ideia dos jogos, enquanto processo digital de projeto colaborativo e interativo em vários níveis. Múltiplos jogadores, influenciando e sendo influenciados pelas decisões uns dos outros, permitem acessar e dinamizar os interesses e necessidades coletivos de modo mais direto, dinâmico e ao mesmo tempo lúdico. As relações com a Arquitetura e especialmente com aspectos dos processos digitais de projeto, apontam para estratégias interativas que possam se tornar cada vez mais do tipo *bottom-up* e menos do tipo *top-down*, ainda que reconheçamos a importância da intuição, da especialização e de certos níveis de gerenciamento da informação, que garantem a importância da manutenção de certos momentos em que a abordagem *top-down* deve se manifestar.

Escolhemos apresentar alguns jogos digitais, com o objetivo de proporcionar uma visão histórica de evolução dos games, mas também com o intuito de relacioná-los com a Arquitetura e com os processos digitais de projeto.

Por fim, apresentamos dois estudos de caso, em função das oportunidades advindas de nossa experiência acadêmica junto a dois importantes grupos de pesquisa com foco e com relevantes produções relacionadas à processos de projeto com mediação digital, o Nomads.usp e o *Hyperbody*. Os estudos de caso, apesar de apresentarem diferentes experiências em diferentes contextos, mostram duas abordagens que podem ser complementares em muitos sentidos. O *Multiplayer Design Studio*, caracteriza-se por tentar objetivamente produzir um jogo de estratégias projetuais conectadas a partir de um site e do desenvolvimento de programações e de ambientes imersivos que potencializam e habilitam os projetistas envolvidos, no caso,

estudantes de arquitetura e urbanismo a trabalharem de modo colaborativo. Por ser holandês, e portanto, um país europeu, a visão de mundo e a noção de conflito social (para usar uma noção proposta por Latour) do grupo são bem distintas da visão que temos aqui no Brasil. O pavilhão *Slice* parte de uma demanda específica de uma comunidade, mapeada e discutida diretamente com a própria comunidade e que faz parte de um contexto mais amplo, o projeto de políticas públicas Territórios Híbridos, do Nomads.usp. Busca fornecer a possibilidade de participação das pessoas do conjunto habitacional envolvidas no ato projetivo como *co-designers*, interagindo tanto em nível das várias atividades culturais desenvolvidas junto à comunidade, assim como diretamente na manipulação dos *software* (obviamente com um *setup* pré-configurado pelos especialistas, estudantes de arquitetura).

Assim, trataremos no próximo capítulo, de reunir todas as teorias e experimentações produzidas e discutidas até o momento, de modo a sugerir estratégias que se configurem também em abordagens cibersemióticas processos digitais de projeto.

CAPÍTULO 5
[UMA PROPOSTA CIBERSEMIÓTICA
PARA PROCESSOS DIGITAIS DE PROJETO]

Introdução

Podemos afirmar, pelos estudos até aqui realizados, que o interesse na produção arquitetônica com mediação digital tem oportunizado constantes atualizações e revisões nas fundamentações teóricas relacionadas aos processos digitais de projeto, ampliando as possibilidades de colaboração entre diversos campos do conhecimento e consequentemente visando promover a ampliação dos limites e dos paradigmas ligados à Arquitetura e Urbanismo.

Como vimos anteriormente, muitas das possibilidades desenvolvidas em teorias e práticas relacionadas aos processos digitais de projeto como, por exemplo, Inspiração Biológica, Evolução Genética e Emergência se relacionam em maior ou menor grau com fenômenos estudados por teorias como, por exemplo, a *Autopoiesis* de Maturana e Varela, a Biossemiótica de Sebeok e a *Umwelt* de Üexkull. Estratégias voltadas à otimização dos recursos naturais, à colaboração de múltiplos agentes e à potencialização da *performance*, possuem em comum a característica de serem sistemas que envolvem comunicação, conectividade em rede e evolução. Do mesmo modo, a geometria, a matemática e a programação utilizadas em sistemas generativos, a partir do pensamento algorítmico e de *design* paramétrico, são sistemas cibernéticos de comunicação realizando trocas entre vários outros sistemas, e portanto, se relacionam com o conceito da produção de signos cada vez mais evoluídos, conforme a Semiose de Peirce. Todas estas teorias são complementares em muitos sentidos e sua integração está contida na ampla proposta cibersemiótica desenhada por Søren Brier.

Sabemos que existem infinitos modos de se produzir projetos arquitetônicos a partir da mediação digital. Sabemos também, que a enorme gama de possibilidades tecnológicas leva a uma outra infinidade de desenvolvimentos em relação à métodos e estratégias que envolvem processos digitais de projeto. Porém partimos da premissa de que determinados conceitos, advindos dos campos de conhecimento acima exemplificados, e até agora apresentados, poderiam trazer contribuições valiosas para outras abordagens e estratégias que visem a ampliação dos limites da Arquitetura e Urbanismo, sobretudo, relacionados aos processos de projeto com mediação digital.

Este último capítulo pretende apresentar uma estrutura (*framework*) para processos digitais de projeto a partir de uma abordagem baseada em conceitos cibersemióticos, adotando como princípio fundamental as conexões estabelecidas entre os campos da Arquitetura Digital, da Cibernética e da Semiótica de Peirce. Esta proposta, parte da seguinte configuração inicial (Figura 140):

FIGURA 140: CONFIGURAÇÃO DE ESTRUTURA CIBERSEMIÓTICA
PARA PROCESSOS DIGITAIS DE PROJETO
FONTE: AUTOR, 2014.

A premissa básica tem como objetivo habilitar sistemas de desenvolvimento de projeto fechados, ou intuitivos, na medida em que as decisões tendem a certos níveis de arbitrariedade (e por isso são do tipo *top-down*), para que se tornem sistemas mais abertos, colaborativos e assim adquiram características de interatividade, a partir de uma abordagem do tipo *bottom-up*.

Esta ideologia com base colaborativa, por assim dizer, considera a mediação digital e seus respectivos processos digitais de projeto e propõe conceitos que podem trazer olhares importantes para a compreensão e potencialização destes processos. Conforme apresentados

anteriormente, os conceitos recortados possuem aspectos de grande relevância, não só como fundamentação dos fenômenos observados em vários sistemas e em diversos níveis, mas também como potencialização dos processos a serem aplicados em ambiente digital. Do mesmo modo, as possibilidades estratégicas de aplicação apontam algumas possibilidades que se mostram bastante promissoras, em termos de ampliação dos níveis de interatividade e de colaboração aplicados aos processos digitais de projeto.

A estrutura a ser proposta busca ainda aprofundar a discussão sobre a relevância da comunicação e do gerenciamento da informação nos Processos Digitais de Projeto frente às recentes atribuições de Arquitetos e Urbanistas, e propor uma estrutura cibersemiótica para processos digitais de projeto, a partir do estudo e da aplicação de conceitos como *feedback loop*, controle e auto regulação. Estes conceitos estão presentes tanto na concepção biosemiótica e interativa de ciclo funcional proposto em 1934 pelo biólogo Jakob von Uexküll, como na elaboração cibernética proposta por Gordon Pask em sua Teoria da Conversação, no começo dos anos 1970.

Pretendemos apresentar ainda, um modelo diagramático que detalhará as relações envolvidas no contexto apresentado, e que de modo complementar à argumentação teórica, fundamentará a tese de que uma abordagem cibersemiótica é relevante para processos digitais de projeto. Os resultados esperados dizem respeito à otimização dos processos de troca de informações dentro destes processos, visando apontar contribuições para a eficiência dos sistemas voltados para o projeto.

Sabemos que a coordenação de metas e interesses entre grupos de seres humanos é uma ação política. Assim acreditamos que o processo de projeto possui uma importante dimensão política, que pode ser contemplada pela produção da arquitetura da era digital. Também acreditamos que é muito desejável, para não dizer, imprescindível, que analisemos paralelos em outros sistemas, como por exemplo os sistemas biológicos, e tracemos objetivos de um ponto de vista sistêmico. À medida que aprendermos mais sobre os diferentes sistemas, sejam políticos ou biológicos, poderemos ser capazes de integrar e aplicar esse conhecimento para melhor projetar a interação entre seres humanos e ambientes, a partir da mediação digital.

5.1. Por uma abordagem Cibersemiótica para processos digitais de projeto

Conforme afirmamos anteriormente, a hipótese que buscamos verificar é de que a Cibersemiótica (conforme apresentada anteriormente), enquanto teoria concebida e desenvolvida para promover a transdisciplinaridade, pode trazer outros olhares e fundamentar reflexões atualizadas, no sentido de produzir uma estrutura para processos digitais de projeto. Como consequência da hipótese, também propomos uma segunda, que é a de verificar se esta abordagem também possibilita que o processo se torne mais interativo.

Busca-se, no desenvolvimento desta estrutura, estabelecer relações possíveis entre três campos do conhecimento, que foram selecionados e recortados a partir das experiências de pesquisa e de formação acadêmica do próprio autor, ou seja, envolvendo os campos da Arquitetura, da Semiótica e da Cibernética. Estas relações apontam para uma série de outros conhecimentos interligados, que influenciam e são influenciados, dentro de um contexto contemporâneo de identificações e buscas enquanto possibilidades para a Arquitetura e Urbanismo, especialmente em processos digitais de projeto.

Foram propostas, na Parte I da presente tese, ligações e relações entre os campos de conhecimento envolvidos e seus desdobramentos imediatos, onde as teorias pudessem se sobrepor e/ou complementar em direção a gerar outras abordagens em relação aos processos digitais de projeto. Também se procurou fornecer nos capítulos 1, 2, e 3, exemplos de projetos, experimentações e situações para ilustrar os conceitos discutidos, tanto no nível de estabelecer um panorama do estado da arte das produções contemporâneas na área, como também no nível das próprias experimentações realizadas pelo autor, as quais julgamos importantes não apenas como a mera exposição de si mesmas, mas sim como peças fundamentais na compreensão efetiva das possibilidades e dificuldades envolvidas, a partir da aplicação prática de algumas das teorias estudadas durante o processo de doutoramento.

Para a demonstração dos conceitos fundamentais e a verificação da hipótese, concebeu-se inicialmente um diagrama (Figura 141) que visava, em uma fase inicial da pesquisa, proporcionar uma visualização esquemática das teorias envolvidas, além de representar as devidas aproximações e imbricações entre os diferentes campos de conhecimento:

FIGURA 141: DIAGRAMA INICIAL PARA VERIFICAÇÃO DA HIPÓTESE
FONTE: AUTOR, 2012.

O diagrama inicial é baseado na tríade de fundamentação teórica recortada e que reúne os campos de conhecimento da Arquitetura, da Semiótica de Charles S. Peirce e da Cibernética de Segunda Ordem, reunidas em uma estratégia transdisciplinar para apoiar a fundamentação da tese. Em princípio, buscávamos propor uma estrutura para Processos de Projeto Cibersemióticos, deixando subentendida a condição digital inerente a tais processos, conforme recorte da pesquisa. Do mesmo modo, imaginávamos ingenuamente, poder definir um modelo que englobasse a Arquitetura em sua totalidade, ideia que posteriormente foi redimensionada e calibrada em função de nosso foco em processos digitais de projeto.

Palavras-chave foram utilizadas para definir referenciais icônicos para os campos de conhecimento envolvidos. A Arquitetura remete às questões do **espaço**, a Semiótica de Peirce trata do **signo** e dos níveis de significação, enquanto a Cibernética de Segunda Ordem se concentra nos **sistemas** e na observação dos sistemas observados.

O diagrama representa um modo de explicar esquematicamente as relações estabelecidas, delimitando os campos de conhecimento abordados e indicando desdobramentos em relação às aproximações que são propostas entre eles, aos pares, em função de conceitos-chave em comum identificados, estudados e recortados. O diagrama é posteriormente atualizado para uma representação menos rígida, porém não menos precisa (Figura 142), e propomos então que, a partir das sobreposições dos três campos de conhecimento envolvidos como elementos principais (processos digitais de projeto, Semiótica Peirceana e Cibernética de Segunda Ordem), três outros campos sejam admitidos como *locus* de desenvolvimento teórico, em função das características em comum:

FIGURA 142: EVOLUÇÃO DO DIAGRAMA
FONTE: AUTOR, 2013

Das diferenças que geram complementariedade em função das teorias apresentadas, e das possibilidades consequentemente geradas, emergem ações (verbos) centrais para a abordagem cibersemiótica proposta: o **observar**, o **representar** e o **desempenhar**.

O observar é um conceito em comum desenvolvido e usado tanto pela Semiótica (em função da fenomenologia de Peirce e da observação dos fenômenos) como pela Cibernética (onde o observador, especialmente o de segunda ordem, assume um papel central nas discussões propostas por Heinz von Foerster). Conforme destacado anteriormente, entendemos o ato de observar de um ponto de vista perceptivo, fenomenológico e que portanto, envolve todos os nossos sentidos. O representar traz consigo a relação estabelecida entre as questões inerentes aos signos e significados, e o modo como a arquitetura desenvolveu suas linguagens (não verbais e textuais) a partir de valores expressos nos projetos e nas obras. Signos cada vez mais complexos e evoluídos são formados em cadeia à medida em que as complexidades envolvendo os processos de projeto aumentam. O desempenhar, conforme explicado anteriormente, em relação a suas possibilidades de auto regulação e responsividade, traz para a discussão, as conexões possíveis entre Arquitetura e Cibernética, retomando historicamente as teorias dos anos 1960 e que somente agora, pelo avanço tecnológico, são possíveis de se viabilizar. Com o desenvolvimento de *software* e de computadores com cada vez maior capacidade de cálculo, ligados em rede e conectados via internet, assim como de equipamentos com maior capacidade de desempenho de produção, como por exemplo os de prototipagem rápida e de fabricação digital, temos agora a possibilidade de que experimentações propostas há mais de cinquenta

anos, quase como uma ficção, sejam hoje viabilizadas do ponto de vista da materialização física das experiências.

O que o diagrama representa não é um processo linear e, portanto, não se trata de analisar cada uma das abordagens propostas a partir do filtro de cada um dos campos de conhecimento com o objetivo de compará-las, mas sim de identificar, a partir dos pontos em comum observados e das consequentes conexões interdisciplinares que se estabelecem, outros olhares possíveis que forneçam bases de fundamentação teórica para serem levadas em conta, no que diz respeito a processos digitais de projeto.

Cabe destacar que o diagrama foi redesenhado também no sentido de torná-lo menos impositivo, fechado nele mesmo, e sim mais orgânico, fluido, visando estabelecer futuras conexões com outros sistemas. Outros desdobramentos podem emergir destas trocas e de imediato é possível propor os seguintes (Figura 143):

FIGURA 143: DIAGRAMA FINAL: DESDOBRAMENTOS
FONTE: AUTOR, 2014.

É possível sugerir que para um processo de projeto seja muito importante que se definam inicialmente as relações e a vontade do designer de considerar o observar, o representar e o desempenhar como referências estabelecidas de modo a se tornarem partes integrantes de um processo mais amplo de projeto. Isto inicialmente requer que o arquiteto dê um passo para trás em relação à ação propriamente dita do *design*, esteja aberto à observação dos fenômenos e atento aos seus significados, mude sua atitude em relação à pré-configuração dos parâmetros de entradas do projeto e se concentre na lógica voltada ao desempenho que interliga o projeto,

e que envolve além dos participantes, vários campos de conhecimento em seus respectivos sistemas.

O observar, ação inerente ao conceito da observação (em um sentido amplo de percepção, conforme discutido anteriormente), propõe uma dimensão a se considerar sobre observadores e sistemas observados, conforme a Cibernética de Segunda Ordem, mas também propõe níveis de significação que podem e devem ser produzidos, trocados e atualizados constantemente, e que remetem também à Semiose Ilimitada definida por Peirce. Propomos denominar estes sistemas de Sistemas de Observação e Percepção Significativa.

Julgamos estes sistemas especialmente importantes, principalmente nos níveis iniciais de pré-configuração dos parâmetros que irão definir o processo de *design*. Como vimos no capítulo 4, existem várias possibilidades de estratégias para serem levadas em conta, mas todas elas, de algum modo, exigem uma capacidade bastante apurada de observação dos fenômenos que compõem os sistemas de atores que estão sendo considerados no projeto. Obviamente podemos supor que de nada adiantaria um *metadesign* que estabelecesse uma ação de projeto, onde os *inputs* pudessem ser obtidos a partir de um jogo ou game, por exemplo, mas que os dados não fossem totalmente apreendidos ou devidamente considerados dentro do processo. Isso representaria perdas significativas, e não otimização. Portanto, acreditamos que não basta apenas criar os mecanismos cibernéticos para a observação dos sistemas observados e de seus observadores. É preciso que haja uma avaliação qualitativa do que está sendo observado, para que os dados possam realmente servir de alimentação para o sistema e consequentemente para o processo de projeto.

Esta condição favorável antecipada para se discutir os parâmetros de projeto, acaba por discutir também a concepção do *design* do próprio projeto, ou um *metadesign* do projeto. Com base em Vassão (2010), acreditamos que projeto, entendido como pergunta, e não como resposta, traz a possibilidade de um processo de colaborações e troca de informações que cria um fluxo de sinergia em direção à atualização e à revisão constante de seu próprio conceito.

Se o projeto é incompleto, está circunscrito a um universo de subjetividade e transferências que podem apenas ocorrer sob a pena da reinterpretação e da re-significação, ele não pode ser uma resposta, mas sim uma pergunta. (VASSÃO, 2010, p.121)

As traduções destas informações, passando dos significados aos números por meio da programação computacional, adquire nos processos digitais de projeto, enorme importância. Deste modo, em termos de programação de um *metadesign*, saber perguntar torna-se tão ou mais relevante do que saber responder, uma vez que a segunda passa a ser uma função

compartilhada com os computadores e softwares. Porém, em um passo anterior a elaborar perguntas, se faz necessário observar a realidade a ser abordada com a maior capacidade possível de percepção. Trata-se também de uma questão de atitude, em relação ao processo de projeto, que a mediação digital passa a exigir com maior grau.

Um sistema que seja capaz de interpretar o mundo através da mediação de seus signos, evolui de um modo que pode ser determinado pelo fato de que este sistema é capaz de usar justamente signos para obter informações do ambiente com o qual interage.

Sistemas Semióticos de Representação Evolutiva, é como propomos chamar os sistemas que possivelmente podem emergir a partir das questões ligadas à capacidade representacional, em amplo senso. Como vimos anteriormente, dos desenhos aos diagramas, dos diagramas aos scripts, a capacidade de criação de signos cada vez mais elaborados e carregados de uma multiplicidade de significados é uma característica presente nos processos digitais de projetos. Um sistema semiótico, pode ser entendido como um sistema que traduz, transmite e interpreta signos de diferentes tipos. O conceito da Semiose Ilimitada de Peirce, nos permite vislumbrar um conjunto de sistemas semióticos interligados em cadeias que se sucedem e se atualizam em tempo real, na medida em que os atores em rede participam do jogo e abastecem o sistema com informações.

A Semiótica de Peirce nos possibilita um método para descrever o caminho generativo de qualquer narrativa. Pensar em sistemas semióticos nos habilita a conceber sistemas que promovem condições de emergência, a partir das atualizações, de novos sistemas, estruturas, entidades e propriedades que vão se formando no curso da evolução. Se verificamos comportamentos emergentes em sistemas físicos, e se as simulações digitais pretendem justamente recriar estes comportamentos a partir desta inspiração, então, por conseguinte, as simulações digitais também deverão exibir condições de emergência. Esta capacidade não determinística é fundamental para que sistemas semióticos de representação sejam dotados de capacidade evolutiva, característica extremamente desejável para sistemas generativos que compõem processos digitais de projeto.

Em um paradigma de processamento e gerenciamento da informação, a informação é trocada na forma de signos, os quais podem ser produzidos na natureza, pelas máquinas, pelos seres humanos e, claro, por sistemas sociais. Parece-nos que uma das grandes potencialidades que é favorecida por processos digitais de projeto é a ampliação qualitativa das possibilidades de produção coletiva. Os arquitetos e designers estão cada vez mais conectado às pessoas, e podem não apenas trabalhar para elas mas, mas trabalhar com elas. Todos os atuadores podem se

tornar jogadores, e jogar o jogo do projeto, e não apenas os especialistas (é óbvio que existem questões de ordem técnicas que ainda deverão ser mantidas como prioridades e de competência exclusiva dos profissionais). Projetar um sistema de projeto onde estratégias do tipo *bottom-up* possam ser implementadas, gerando espaços de trocas e transações entre os participantes, de modo que mecanismos de controle e retroalimentação possam facilitar as trocas e buscar certos níveis de equilíbrio e desempenho é projetar Sistemas de Retroalimentação e Performance Colaborativa, como escolhemos denominar.

A chave para o entendimento da performance colaborativa talvez seja a compreensão de que tanto os seres vivos quanto as máquinas vivem em *Umwelten* auto organizadas, que não somente acontecem em torno de nós, mas também profundamente dentro de nossos sistemas de pensamento. A organização dos signos e dos significados que se adquirem através dos hábitos, da mente, e do corpo, seguem muito os princípios cibersemióticos, na medida em que produzem seus próprios autovalores de signo e significado e, assim, sua própria *Umwelt*, e, portanto, otimização de performance significa condição de evolução e sobrevivência.

Acredita-se que a Arquitetura Contemporânea necessite, como condição de sua própria renovação e manutenção de seu relevante papel no contexto social estabelecido ao longo da história, buscar outros olhares que contribuam para sua evolução, tanto ao olhar para dentro de si mesma, como ao estabelecer outras relações com outros campos do conhecimento de modo colaborativo.

Uma abordagem colaborativa em ambientes de projeto passa, como estamos a sugerir, pela implementação de conceitos cibersemióticos que possam, não apenas controlar os sistemas, mas também promover e potencializar os níveis de troca de informação. Estes dispositivos circulares, do tipo *feedback loop*, que permitem reorganização, recursividade e mesmo redução da velocidade nos níveis de entropia presentes nos diversos sistemas, tem origem na proposição de Círculo Funcional de Jakob van Uexküll, e cujo desdobramento levará a uma outra concepção sofisticada, a Teoria da Conversação de Gordon Pask. Ambas serão devidamente apresentadas para que, posteriormente, possam ser aplicadas metodologicamente aos conceitos desenvolvidos até o momento, gerando uma importante atualização em nossos modelos e diagramas, em direção à uma abordagem cibersemiótica para processos digitais de projeto.

5.2. De Uexküll à Pask: a Conversação aplicada em processos digitais de projeto.

A pesquisa inicial de Jakob von Uexküll tem origem na tarefa biológica de diferenciar os níveis de percepção específicos em relação aos significados que existem entre vegetais e animais: enquanto animais possuem um mundo de entorno perceptivo, as plantas possuem apenas uma espécie de “envelopamento habitacional”. (UEXKÜLL, 1984). Esta distinção implica que nos vegetais existe um único órgão encarregado para perceber e definir como utilizar os significados percebidos, enquanto que nos animais, a tarefa é dividida em dois órgãos, um perceptivo-denominado por Uexküll receptor ou perceptor, e outro operacional – denominado efector, que precisam cooperar para que o significado incorporado na percepção seja utilizado.

De acordo com a teoria de Uexküll, a fórmula simplificada de propor uma relação de contrapontos sîgnicos não é suficiente para transformar objetos do entorno perceptivo de um observador humano em objetos do entorno perceptivo de um animal sob observação. É necessário, segundo o autor, modificar esta relação de modo a habilitá-la a descrever estas diferentes funções, do órgão perceptor e do órgão efector, assim como a cooperação entre eles. Segundo Thure von Uexküll (1984), filho de Jakob von Uexküll, com este desejo seu pai desenvolveu o diagrama do círculo funcional, o qual além de resolver as questões relacionadas à sua pesquisa, antecipa em vinte anos a formulação matemática do princípio do *feedback* proposto por Norbert Wiener em 1943.

Portanto, a teoria biológica de Jakob von Uexküll estuda as capacidades fisiológicas e comportamentais dos animais em termos de relações significativas entre o sujeito e o ambiente (*Umwelt*). Todas as experiências sensoriais de organismos levam a ações significativas posteriores, em função de *feedback loops* e auto-regulações que encaminham para posteriores *inputs* perceptivos, coordenados em sequências significativas, que Uexküll denominou de ciclo funcional (Figura 144).

FIGURA 144: UEXKÜLL: CÍRCULO FUNCIONAL DA PERCEPÇÃO
FONTE: BRIER, 2003.

Segundo Sebeok (1989), no modelo de círculo funcional de Uexküll, um signo é recebido de um objeto no campo perceptivo (*perceptual field*) pelo receptor ou perceptor central (*central receptor*) e a informação é passada a partir do mundo interno (*inner world*) para o efector central (*central effector*), uma transformação que gera um novo signo que substitui o signo anterior, funcionando como um interpretante mais evoluído, a cada vez que o ciclo se repete. (SEBEOK, 1989. p. 10).

Metaforicamente falando, cada sujeito animal apreende seu objeto com duas mandíbulas de um par de pinças - uma mandíbula de percepção e uma mandíbula operacional. Com a primeira mandíbula ele dá ao objeto uma sugestão perceptual (Merkmal), e com o segundo uma sugestão operacional (Wirkmal). Assim, as propriedades particulares do objeto tornam-se cargas de sugestões perceptuais e outras tornam-se cargas de sugestões operacionais. Uma vez que todas as propriedades de um objeto estão ligadas em conjunto através da estrutura dos objetos, as propriedades representadas pela sinalização operacional são obrigadas a exercer por meio do objeto toda a sua influência sobre as propriedades, que carregam a sugestão de percepção e também para modificar a própria sugestão perceptual. Este processo é melhor descrito pelas palavras: A sugestão operacional extingue a sugestão perceptual. (UEXKÜLL, 1984. P. 302. Tradução Nossa²⁵⁶).

A fórmula ou modelo do círculo funcional torna evidente que este processo não se esgota no acoplamento linear de elos de uma cadeia, mas sim que ele tem uma forma circular: a carga do significado e o utilizador do significado tornam-se elementos de um “campo de força” dentro da qual eles são dirigidos separadamente e ligados entre si novamente, em um movimento de retorno, de retroalimentação do sistema comunicativo, ou seja, de *feedback*.

Por sua vez, a Teoria da Conversação de Gordon Pask (Figura 145), apresenta um desenvolvimento bastante elaborado sobre as diversas possibilidades de troca de informações e propõe uma estrutura muito pertinente para interações de projeto em sistemas nos quais, humanos, máquinas e ambientes, podem estar engajados em trocas de informação colaborativas. (HAQUE, 2007).

²⁵⁶ **Do original em Inglês:** “Metaphorically speaking, each animal subject grasps its object with two jaws of a pair of pincers – a perceptual jaw and an operational jaw. With the first jaw it imparts to the object a perceptual cue (Merkmal), and with the second an operational cue (Wirkmal). Thus particular properties of the object become perceptual cue carriers and others become operational cue carriers. Since all properties of an object are linked together through the structure of the objects, the properties represented by the operational cue are forced to exert through the entire object their influence on the properties which carry the perceptual cue and also to modify the perceptual cue itself. This process is best described by the words: The operational cue extinguishes the perceptual cue.”

FIGURA 145: DIAGRAMA DA TEORIA DA CONVERSAÇÃO DE PASK.
 FONTE: HAQUE, 2007.

Para Dubberly²⁵⁷ et al. (2009), a conversação é o sistema de comunicação mais evoluído e ocorre quando saída (*output*) de um sistema de aprendizagem torna-se a entrada (*input*) para a outro. Além disso, os sistemas podem aprender uns com os outros através da troca de informações de interesses em comum. Eles podem também coordenar objetivos e ações.

Dubberly et al. (2009) indicam o trabalho anterior de Meredith Davis e Richard Buchanan, nos quais o conceito e o potencial da interação são discutidos:

Davis e Buchanan expandiram a forma como olhamos para projeto e sugeriram que a interação entre artefatos e humano seja um critério para avaliar os resultados de todo o trabalho de design. Seu ponto de vista levanta a questão: Seria a interação com um objeto estático diferente de interação com um sistema dinâmico? (DUBBERLY et Al. 2009. p. 01. Tradução Nossa.²⁵⁸)

Pode-se especular que sistemas de conversação sejam capazes de definir metas em comum e projetar meios de alcançá-las. Vamos refazer, a seguir, os passos relacionados às diferentes possibilidades de troca de informação, propostos por Dubberly et al. (2009), na medida em que

²⁵⁷ **Hugh Dubberly** é sócio da Dubberly Office Design em San Francisco. Na *Apple Computer* no final da década de 1980 e no início da década de 1990, Dubberly gerenciou equipes de projeto multifuncionais e mais tarde gerenciou design gráfico e identidade corporativa para a empresa. Enquanto esteve na Apple, ele co-criou uma série de filmes de previsão de tecnologia, começando com *Knowledge Navigator* que pressagiava o aparecimento da Internet e dispositivos de interação móveis. Na *Netscape*, ele se tornou vice-presidente de *design* e administrou grupos responsáveis pelo *design*, engenharia e produção de portal Web da *Netscape*. Em 2000, ele co-fundou o DDO. **Do original em Inglês:** "Hugh Dubberly is a partner at Dubberly Design Office in San Francisco. At Apple Computer in the late 1980s and early 1990s, Dubberly managed cross-functional design teams and later managed graphic design and corporate identity for the company. While at Apple, he co-created a series of technology-forecast films beginning with *Knowledge Navigator* that presaged the appearance of the Internet and interaction via mobile devices. At Netscape, he became vice president of design and managed groups responsible for the design, engineering and production of Netscape's Web portal. In 2000, he co-founded DDO." Fonte: <http://designobserver.com/profile.php?id=299&name=HughDubberly>. Acesso em 16/08/2014.

²⁵⁸ **Do original em Inglês:** "Davis and Buchanan expand the way we look at design and suggest that artifact-human interaction be a criterion for evaluating the results of all design work. Their point of view raises the question: Is interaction with a static object different from interaction with a dynamic system?"

o detalhamento em relação à Teoria da Conversação é fundamental para a aplicação de uma abordagem que se propõe cibersemiótica e para a consequente construção de uma estrutura cibersemiótica para processos digitais de projeto.

Os autores propõem que uma das maneiras de caracterizar tipos de interações entre sistemas é observar os modos nos quais sistemas podem ser acoplados para interagir: sistemas lineares (ordem zero), sistemas autoreguláveis (primeira ordem) e sistemas que aprendem (segunda ordem), e estes modelos podem ser combinados em seis pares (0-0, 0-1, 0-2, 1-1, 1-2 e 2-2). (DUBBERLY et al. 2009, p. 08).

O primeiro modelo (0-0), caracterizado como pertencente à uma ordem, é um sistema reativo (*Reacting Model*). A saída de um sistema linear alimenta uma entrada de outro sistema linear. Uma ação causando uma reação, um primeiro sistema empurrando um segundo, porém este segundo não possui possibilidade de resposta ao primeiro, representando um tipo de interação limitada (Figura 146):

FIGURA 146: DIAGRAMA DE UM SISTEMA REATIVO
FONTE: DUBBERLY ET AL. 2009.

O segundo modelo (0-1) de sistema é um sistema regulador (*Regulating System*), no qual a saída de um sistema linear fornece a entrada para um sistema auto regulado. A entrada, ou *input*, pode ser entendida como um distúrbio, um objetivo ou uma energia. O sistema linear perturba (ou propõe um objetivo para) o sistema auto regulado que começa a agir para conter as perturbações e manter o equilíbrio do sistema (Figura 147):

FIGURA 147: DIAGRAMA DE UM SISTEMA AUTO REGULADO
 FONTE: DUBBERLY ET AL. 2009.

O terceiro modelo (0-2) proposto por Dubberly et al. (2009), é o de um sistema que aprende (*Learning System*). Nele, a saída de um sistema linear fornece a entrada para um sistema que aprende. Se o sistema que aprende também fornece, em contrapartida, uma entrada para o sistema linear, fechando o *loop*, então o sistema que aprende pode calibrar o efeito desta ação e efetivamente “aprender”.

Note-se que se o loop não for fechado, a ação retrocede de um nível (0-2) para um nível (0-0). A figura abaixo, representa o diagrama deste terceiro modelo:

FIGURA 148: DIAGRAMA DE UM SISTEMA QUE APRENDE
 Fonte: Dubberly et al. 2009.

O quarto modelo (1-1) apresentado é o de um sistema de balanceamento ou de equilíbrio (*Balancing System*), no qual a saída de um sistema de auto regulação é entrada para outro sistema de auto regulação (Figura 149). No entanto, se a saída de um sistema é medida pelo outro e vice-versa, podem ocorrer duas situações: na primeira os sistemas compartilham objetivos e nesse caso, um reforça o outro em direção à uma condição de equilíbrio; na segunda, os objetivos são diferentes e nesse caso, os dois sistemas passam a competir, em direção à uma condição dinâmica.

Caso o loop esteja aberto, ou seja, se o primeiro sistema fornece entrada para o segundo, mas não o segundo para o primeiro, então existe um retrocesso de uma condição do nível (1-1) para o nível (0-1).

FIGURA 149: DIAGRAMA DE UM SISTEMA DE EQUILÍBRIO
FONTE: DUBBERLY ET AL. 2009.

No modelo de sistema de gerenciamento e entretenimento (*Managing and Entertaining*), o quinto proposto pelos autores (1-2), a saída de um sistema auto regulado torna-se entrada para um sistema que aprende (Figura 150). Se a saída do sistema que aprende também é entrada para o sistema auto regulado, duas possibilidades surgem: na primeira, um caso de sistema automático de gerenciamento (ex: uma pessoa configurando um piloto automático); na segunda, um tipo de interação de entretenimento (ex: uma aplicação que vise manter uma relação com um usuário, incrementando níveis de dificuldade ou surpresa).

FIGURA 150: DIAGRAMA DE UM SISTEMA GERENCIAMENTO E ENTRETENIMENTO
FONTE: DUBBERLY ET AL. 2009

O sexto e último modelo (2-2) que define a Teoria da Conversação de Pask, e que portanto leva o nome de sistema de conversação (Figura 151), é aquele no qual a saída de um sistema de aprendizado torna-se a entrada de outro. Dentre as várias possibilidades, os autores destacam duas: o caso mais simples é o de interação auto referenciada, no qual o primeiro sistema direciona o segundo, porém o segundo não afeta significativamente o primeiro; a segunda possibilidade se mostra mais interessante, e constitui-se no que Pask chamou de “referenciado

eu/você” (I/you referenced), onde o segundo sistema recebe a saída do primeiro assim como o primeiro recebe a saída do segundo.

FIGURA 151: DIAGRAMA DE UM SISTEMA DE CONVERSAÇÃO
FONTE: DUBBERLY ET AL. 2009.

Ambos os sistemas possuem a possibilidade de responder um ao outro, ou não. Este tipo de interação é como uma conversação na qual cada sistema sinaliza ao outro, podendo fazer perguntas ou realizar comandos, mas sem a certeza em relação às respostas. Este último é o modelo que mais nos interessa, na medida em que define a capacidade de um sistema tornar-se realmente interativo, a partir da habilidade humana da conversação.

Lawson (2011) discute a ideia de conversa como negociação. Afirma que o processo de projeto pode ser visto essencialmente como uma conversa. Aponta Donald Schön como o primeiro a sugerir a ideia de que o projetista “conversa com o desenho”. (SCHÖN, 1983 apud LAWSON, 2011 p. 246). Também destaca a importância das conversas compartilhadas e ensaia algumas possibilidades envolvendo conversas com computadores, segundo seus próprios termos. Porém gostaríamos de destacar seus questionamentos sobre ser possível criar um modelo para o ato de se projetar. O próprio autor acaba por propor um modelo, discutindo questões relevantes relacionadas ao alcance dos modelos e à atividades e habilidades que deveriam ser contempladas por estes, como por exemplo, “formular, movimentar-se, representar, avaliar e refletir.” (LAWSON, 2011. p. 268).

Mais do que propor um modelo, nossa intenção é discutir possibilidades. Sugerir uma estrutura para processos digitais de projeto que possa oferecer condições mínimas de organização e entendimento sobre as questões envolvidas neste tipo de processo. Porém consideramos fundamental considerar aspectos em aberto, incertezas e níveis de imprevisibilidade em relação às escolhas dos vários atores e os caminhos possíveis em função das particularidades dos sistemas envolvidos.

Voltando à questão da interação, gostaríamos de fazer alusão à referência que Dubberly et al. (2009) fazem à Meredith Davis e Richard Buchanan, uma vez que apontam que ambos apresentam sua visão acerca da interação. Para a primeira, a interação não é algo que surgiu com a mediação digital, uma vez que os livros já convidavam leitores a interagir, e portanto, já possuíam esta qualidade. Para o segundo, interação é uma maneira de propor um *framework* para a relação entre pessoas e objetos projetados para eles, e, conseqüentemente, uma forma de propor um *framework* para a atividade de *design*. (DUBBERLY et al. 2009).

Segundo o próprio Gordon Pask (1976):

A conversação refere-se a um projeto de longo prazo e suas ramificações intelectuais: em geral, para os artefatos que podem ser produzidos sob condições comparáveis, ao invés de um juntamento de artefatos que foram produzidos e são usados como objetos. A conversação refere-se, em outras palavras, para um meio interpretativo: o sistema de produção concreto ou simbólico em que alunos da escola de arte são capazes de modelar a sua noção de realidade. Este universo de interpretação não é dado, como seria em um experimento clássico. Ele é especificado pelos participantes que escolhem propriedades (as construções pessoais ou o núcleo mutuamente aceitável) e depois instancia seus valores. Digamos que os experimentos clássicos determinam um esquema de descrição "de baixo para cima"; isto é, um conjunto de objetos ou eventos são escolhidos como um universo de interpretação, em conjunto com os predicados que nomeiam as propriedades ou as relações entre essas entidades elementares. (PASK, 1976. p. 25. Tradução Nossa ²⁵⁹

Pask reforça a ideia em relação às vantagens de uma abordagem do tipo *bottom-up*, e que pode ser proporcionada pela conversação. Destaca que aos atores envolvidos no processo deve ser dada a condição de escolha de suas prioridades, definindo o universo de interpretações a partir de construções pessoais e do núcleo de questões que são aceitáveis, de um ponto de vista coletivo. Portanto, por meio da conversação, a definição dos parâmetros pode configurar um processo mais dinâmico e conseqüentemente, respostas de projeto mais eficientes.

Acreditamos que a Teoria da Conversação, por fazer parte de um conjunto de conceitos cibernéticos, e por consequência, cibersemióticos, pode ser aplicada estrategicamente em um possível modelo, criando possibilidades recursivas de revisão e regulação do processo como um todo.

²⁵⁹ **Do original em Inglês:** "The conversation refers to a term project and its intellectual ramifications: in general to artifacts that might be produced under comparable conditions rather than the gaggle of artifacts that were produced and are used as objects. The conversation refers, in other words, to an interpretative medium: the concrete or symbolic production system in which art school students are able to model their notion of reality. This universe of interpretation is not given, as it would be in a classical experiment. It is specified by the participants who choose properties (the personal constructs or the mutually acceptable core) and later instantiate their values. Let us say the classical experiments determine a description scheme "from down to up"; that is, a set of objects or events are chosen as a universe of interpretation, together with predicates that name properties or relations between these elementary entities."

Passaremos a seguir, portanto, para a fundamentação de um método que visa definir uma estrutura cibersemiótica para processos digitais de projeto.

5.3. Uma estrutura cibersemiótica para processos digitais de projeto.

Andrade et al. (2011), apontam que “existem diversas maneiras de descrever o processo de projeto arquitetônico e como este interfere na produção do edifício”, assim como indicam que um projeto arquitetônico é considerado mal estruturado quando os fins e os meios das soluções são desconhecidos e externos ao problema, ou seja, quando a maioria dos problemas de projeto é mal definida. (ANDRADE et al. 2011, p. 80). Segundo os autores, no Simpósio sobre Metodologia de Projeto Arquitetônico (Design Methods in Architecture Symposium), realizado na Portsmouth School of Architecture, em 1967, definiu-se processo de projeto como “sequência íntegra de acontecimentos, que parte das primeiras concepções de projeto e vai até a sua realização total.” (ANDRADE et al. 2011 p. 86).

Os autores apresentam também várias referências como Markus (1971) (Figuras 152 e 153), Broadbent (1973) (Figura 154) e Lawson (2005) (Figura 155), segundo os quais foram propostas estruturas sequenciais sugerindo caracterizar processos de projeto, em vários modelos e diagramas. Estes modelos, ainda que não tenha sido mencionado pelos autores, apresentam em sua concepção a essência do conceito cibernético do *feedback loop*.

FIGURA 152: MODELO DE PROCESSO PROPOSTO POR MARKUS (1971)
FONTE: ANDRADE ET AL. 2011.

FIGURA 153: MAPEAMENTO DAS ETAPAS PROPOSTO POR MARKUS (1971)
FONTE: ANDRADE ET AL. 2011.

FIGURA 154: MODELO DE PROCESSO
PROPOSTO POR BROADBENT (1973)
FONTE: ANDRADE ET AL. 2011.

FIGURA 155: MAPEAMENTO PROCESSO
PROPOSTO POR LAWSON (2005)
FONTE: ANDRADE ET AL. 2011.

Os modelos propostos, ainda que não tratem especificamente da mediação digital, apresentam a característica em comum de atribuir aos sistemas uma capacidade de retroalimentação, a partir da qual a sequência de eventos não necessita estar rigidamente articulada, mas pode prever em muitas situações, condições de imprevisibilidade. Do mesmo modo cada tomada de decisão relacionada a uma ação conduz à outra ação, e assim sucessivamente, tornando as decisões de projeto livres e independentes, possibilitando revisões dentro do encadeamento das ações.

Outra característica presente nos modelos selecionados pelos autores é que todos propõem as etapas de análise, síntese e avaliação, de modo a configurar procedimentos de identificação do contexto, concepção à partir das oportunidades e métodos, e validação das soluções atingidas.

Sabemos que propor um método preciso que contemple todas as possibilidades ligadas à processos digitais de projeto seria uma tarefa extremamente difícil, ou praticamente impossível, e portanto, defendemos a tese de que seja possível propor uma estrutura que abarque grande parte das possibilidades, a partir de um ponto de vista mais geral e menos específico. Partimos inicialmente para o ajuste e a atualização do diagrama proposto na introdução deste capítulo, com base em um desenvolvimento conceitual que nos possibilite, assim, a definição de uma estrutura cibersemiótica para processos digitais de projeto:

FIGURA 156: ESTRUTURA PARA PROCESSOS DIGITAIS DE PROJETO.
FONTE: AUTOR, 2014.

Buscamos um ponto de partida que representasse um primeiro nível de ação dentro do processo de projeto. Procuramos definir a postura político-ideológica, como foco central nas discussões preliminares sobre a compreensão dos universos recortados, e sobre como ela pode influenciar a estrutura organizacional do processo de projeto e consequentemente, a própria Arquitetura. Estas influências dizem respeito a escolhas ligadas à visão de mundo e à características de inovação dentro do processo de projeto e, obviamente, às próprias atribuições do projeto (*design*), como organizador geral do sistema e solucionador dos conflitos e interesses envolvidos. Acreditamos que na configuração inicial do processo exista uma dimensão política²⁶⁰, na medida em que entedemos política não apenas como uma ciência de organização e administração das nações e dos estados, mas por extensão à todas as questões relacionadas à sociedades, comunidades e coletividades de um modo geral. De modo complementar também compartilhamos a noção de ideologia²⁶¹ como uma possibilidade crítica interna ao sistema, para que o próprio sistema evolua. (Figura 157):

FIGURA 157: PRIMEIRO NÍVEL DE AÇÃO: POSTURA POLÍTICO-IDEOLÓGICA
FONTE: AUTOR, 2014.

Muitos autores questionam se estaríamos vivendo a era da pós-ideologia, ou mesmo, vivenciando o fim da ideologia. Segundo eles, não teríamos mais um grupo de ideias que dê

²⁶⁰ **Política**, do Grego: πολιτικός *politikos*, significa "de, para, ou relacionado com os cidadãos". Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%ADtica>. Acessado em 31/10/2014.

²⁶¹ **Ideologia** é um termo que possui diferentes significados e duas concepções: a neutra e a crítica. No senso comum o termo ideologia é sinônimo ao termo ideário, contendo o sentido neutro de conjunto de ideias, de pensamentos, doutrinas ou de visões de mundo de um indivíduo ou de um grupo, orientado para suas ações sociais e, principalmente, políticas. Para autores que utilizam o termo sob uma concepção crítica, ideologia pode ser considerado um instrumento de dominação que age por meio de convencimento (persuasão ou dissuasão, mas não por meio da força física) de forma prescritiva, alienando a consciência humana. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ideologia>. Acessado em 31/10/2014.

conta de interpretar e explicar a realidade complexa do mundo. Marx²⁶² ao discutir a divisão social do trabalho em braçal e intelectual, afirmava que a ideologia é uma mentira, uma ilusão, uma inversão do mundo mascarando a realidade. Porém gostaríamos de recortar o conceito em um sentido mais neutro, como sinônimo de ideário, e que contém significados relacionados a um conjunto de ideias e pensamentos de um indivíduo ou grupo, orientado para suas ações sociais e políticas.

Nesse sentido, definir uma abordagem que regule o nível de participação de um número maior de atadores, configura uma postura político-ideológica que deve ser definida prioritariamente no começo do *design* da ação de projeto. Em nossa proposta cibersemiótica, estas negociações visam estabelecer possibilidades mais colaborativas, conforme mencionamos anteriormente, a partir de abordagens cada vez mais do tipo *bottom-up*, e menos do tipo *top-down*.

Um segundo nível de ação dentro do processo de projeto, visa estabelecer um domínio a partir do conhecimento e da aquisição de repertório relacionados aos processos de concepção e produção. Se faz necessário questionar nesta fase se há o domínio de processos em quantidade e/ou qualidade o suficiente para dar conta das demandas e das questões relacionadas à ação anterior. Conforme tratado nos capítulos 1 e 2, a produção de Arquitetura e Urbanismo a partir da mediação digital reúne uma gama de saberes (Figura 158) relacionados às técnicas de programação e à utilização de software e equipamentos digitais (é possível que outros saberes e técnicas sejam incluídos):

FIGURA 158: SEGUNDO NÍVEL DE AÇÃO: PROCESSOS DE CONCEPÇÃO E PRODUÇÃO
 FONTE: AUTOR, 2014.

²⁶² **Karl Heinrich Marx** (Tréveris, 5 de maio de 1818 — Londres, 14 de março de 1883) foi um intelectual e revolucionário alemão, fundador da doutrina comunista moderna, que atuou como economista, filósofo, historiador, teórico político e jornalista. O pensamento de Marx influencia várias áreas, especialmente Filosofia, Geografia, História, Direito, Sociologia, Literatura, Pedagogia, Ciência Política, Antropologia, Economia e Teologia, mas também Biologia, Psicologia, Comunicação, Administração, Física, Cosmologia, Arquitetura e Ecologia. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Karl_Marx. Acesso em 16/08/2014.

Picon²⁶³ (2010) defende que os procedimentos a serem praticados pelos projetistas já não podem permanecer os mesmos, frente ao amplo contexto de possibilidades digitais e tecnologias disponíveis. Nem vamos nos deter nas implicações ligadas à cada técnica construtiva e às propriedades dos materiais. A questão mais relevante parece-nos ser determinar qual a extensão das mudanças que podem ocorrer e o que esperar delas. Segundo o autor, uma questão que certamente está mudando é que os processos digitais exigem procedimentos mais explícitos do que os procedimentos realizados até então:

Os computadores exigem um conjunto preciso de instruções em cada fase do projeto. Para a arquitetura, isso vai representar uma grande mudança desde que os procedimentos dos projetistas raramente eram totalmente formalizados, apesar de sua importância crucial na definição da disciplina. Na maioria dos tratados de arquitetura renascentista e barroco, os métodos usados por autores para desenhar plantas e fachadas permaneceram nebulosos, em contraste com a abundância de detalhes a respeito das ordens e suas proporções. Mesmo composições de Belas-Artes, um dos métodos de design mais restritivos que foi reunido, foram baseadas em uma grande quantidade de know-how tácito. (PICON, 2010. p.162. Tradução Nossa²⁶⁴).

Para o autor, a competência final dos projetistas tornou-se cada vez mais sobre quando tornar certo estado de coisas irrevogável, uma vez que o processo de projeto pode se concentrar mais na visão global, nas estratégias, e menos nos detalhes que os computadores e softwares tornaram mais fáceis e simples de resolver. De qualquer modo é imprescindível dominar as questões técnicas relacionadas à utilização destas ferramentas e adaptar-se aos métodos digitais requisitados por este contexto.

Porém, sabemos que vários conflitos podem surgir destas relações. Arantes²⁶⁵ (2012) alerta para uma possível posição reducionista advinda da expansão do universo formal e simbólico à disposição da criação arquitetônica. Para o autor, “a Arquitetura é um campo específico de ‘estruturas complexas’ (referenciando Tafuri²⁶⁶), mas esta complexidade não é derivada de

²⁶³ **Antoine Picon** é Professor de História da Arquitetura e Tecnologia e Co-Director do Programas de Doutorado (PhD e DDIS) na *Graduate School of Design Harvard*. Leciona cursos de história da arquitetura e tecnologia. **Do original em Inglês:** “Antoine Picon is Professor of the History of Architecture and Technology and Co-Director of Doctoral Programs (PhD & DDes) at the Harvard Graduate School of Design. He teaches courses in the history of architecture and technology”. Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Antoine_Picon. Acesso em 16/08/2014.

²⁶⁴ **Do original em Inglês:** “Computers require a precise set of instructions at each stage of project. For architecture, this will represent a major change since designers procedures were seldom fully formalized despite their crucial importance in the definition of the discipline. In most Renaissance and baroque architectural treatises, the methods used by authors to layout plans and facades remained hazy, in contrast with the abundance of details regarding orders and their proportions. Even Beaux-Arts compositions, one of the most constraining design methods ever put together, was based on a large amount of tacit know-how.”

²⁶⁵ **Pedro Fiori Arantes** (São Paulo, 1974), graduou-se pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo em 1999, e concluiu seu mestrado (2004) e doutorado (2010) pela mesma instituição. Atualmente é professor do Departamento de História da Arte da Escola de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Fonte: Arantes, 2012.

²⁶⁶ **Manfredo Tafuri** (Roma, 1935 - Veneza, 1994) foi um historiador italiano de arquitetura. Depois de se formar inicialmente em arquitetura, trabalhou no gabinete *Architetti e Urbanisti Associati*, e foi aluno de Ludovico Quaroni. Em 1966 vence o concurso para a catedra de *Storia dell'Architettura* em Roma e em 1968 transfere-se para *Università*

confrontos formais emaranhados, e sim da maneira como se inter-relacionam várias estruturas que nela se confluem: a vida social, a história, a cidade, a política, os sistemas simbólicos e técnicos, etc.” (ARANTES, 2012. p.171).

Concordamos em parte com esta afirmação. Se por um lado nos parece razoável que não deva existir uma fetichização tecnológica e uma alienação formal que levaria à uma disjunção contextual no qual o projeto deveria atuar, por outro lado, acreditamos que seja possível atribuir aos processos digitais de projeto uma dimensão político-ideológica, e justamente por isso, propomos esta ação como ponto de partida. Também aproveitamos para retomar a discussão de que muitos dos processos de concepção e produção digitais estão buscando resolver aspectos de performance, e portanto, seriam mais ligados à questões de ordem mais funcional (admitindo-se os vários níveis possíveis de desempenho como funções) do que formal.

Além disso, as amplas possibilidades advindas com a prototipagem e a fabricação digital também conferem ao processo a possibilidade de verificação, retroalimentação e atualização de procedimentos e detalhes construtivos que não poderiam ser classificados como fetiches.

Cabe destacar que não acreditamos na autonomia da Arquitetura e Urbanismo, e em nosso ponto de vista, a busca por aproximações transdisciplinares é uma condição de evolução, não apenas para a Arquitetura e Urbanismo, mas para todos os campos do conhecimento.

Portanto, propomos um terceiro nível de ação que engloba conceitos cibersemióticos (Figura 159), e que conforme visto anteriormente, englobam uma série de conceitos advindos essencialmente dos campos de conhecimento cibernético e semiótico. Baseados na proposta cibersemiótica de Brier, entendemos que uma abordagem transdisciplinar possibilita que possamos nos comunicar melhor transitando entre as diferentes disciplinas. Além do quê, há aspectos da realidade que não podem ser separados e compartimentados em cada um dos mundos ou campos do conhecimento.

IUAV em Veneza onde se torna director do Istituto di Storia. O seu interesse pela investigação histórica ocupou a sua atividade, abrangendo a arquitectura desde o renascimento até à época contemporânea. Foi militante do activo do Partido Comunista Italiano. Até à sua morte ensinou nas Universidade de Veneza. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Manfredo_Tafuri. Acesso em 16/08/2014.

FIGURA 159: TERCEIRO NÍVEL DE AÇÃO: CONCEITOS CIBERSEMIÓTICOS
FONTE: AUTOR, 2014.

Brier (2008) propõe uma combinação entre Cibernética de Segunda Ordem e Semiótica Peirceana, cuja resultante Cibersemiótica fornece um quadro de entendimento sobre como os signos ganham significado e produzem informação em sistemas que podem se comunicar e se atualizar.

A concepção transdisciplinar da Cibersemiótica, portanto, busca uma abordagem não reducionista, visando desenvolver um modelo que seja integrador e baseado em complementariedades. A Cibersemiótica, como vimos anteriormente, vislumbra as possibilidades de comunicação humana (acreditamos que os processos digitais de projeto estão incluídos nestas possibilidades) a partir da concepção de sistemas autopoieticos de Luhmann, o sistema físico, o sistema biológico, o sistema psicológico e o sistema social, e deste modo, as interpenetrações possíveis de serem realizadas entre os diferentes sistemas, em nosso modo de ver, conferem ao sistema características evolutivas que não podem ser consideradas autorreferentes, nem transformá-lo em um *mônada*, uma substância simples, à parte e indissolúvel, conforme o conceito proposto por Leibniz.

Na sequência, um quarto nível de ação é proposto para o sistema, o nível da escolha das estratégias disponíveis em função do contexto existente e dos objetivos que se queiram atingir de acordo com o meta-design concebido (Figura 160):

FIGURA 160: QUARTO NÍVEL DE AÇÃO: ESTRATÉGIAS
FONTE: AUTOR, 2014.

As estratégias propostas possuem relação com as teorias estudadas (é possível também que outras estratégias possam ser incluídas) e visam a sugestão de possibilidades relacionadas ao pensamento complexo e as trocas que podem ocorrer entre os atadores e os múltiplos agentes envolvidos no processo de projeto, levando em consideração tanto as qualidades individuais, como as qualidades coletivas que possam emergir destas interações.

Acreditamos que este nível de ação seja também responsável por introduzir características que possibilitem caracterizar níveis de participação e interação dos envolvidos no processo, conferindo aspectos de ordem socioculturais na definição das regras e configurações de parâmetros do jogo de projeto a ser jogado.

Na sequência, um quinto nível de ação é proposto, um primeiro diagnóstico onde a abordagem cibersemiótica deve ser testada, passando o processo das fases de análise, para uma fase de síntese (Figura 161):

FIGURA 161: QUINTO NÍVEL DE AÇÃO: DIAGNÓSTICO 1
FONTE: AUTOR, 2014.

Esta síntese será realizada a partir da abordagem proposta no estudo do diagrama cibersemiótico apresentado anteriormente.

FIGURA 162: ABORDAGEM CIBERSEMIÓTICA
FONTE: AUTOR, 2014.

Na representação desta ação no diagrama geral, a abordagem semiótica configura-se em uma caixa-preta que deve ser tratada separadamente e onde as questões cibersemióticas (Figura

162), especialmente ligadas à observação, representação e performance, conforme apresentadas anteriormente possam ser levadas em consideração e testadas em relação ao processo de projeto como um todo. Esta verificação cibersemiótica, por assim dizer, visa também estruturar possibilidades de regular o processo a partir da Teoria da Conversação de Pask, criando mecanismos para que um sistema possa aprender com outro, tanto internamente quanto externamente ao processo de projeto.

Em um primeiro momento, é possível conceber que sistemas cibersemióticos possam aprender uns com os outros, bastando para isso que as condições propostas pela Teoria da Conversação sejam satisfeitas (Figura 163):

FIGURA 163: APRENDIZADO ENTRE SISTEMAS CIBERSEMIÓTICOS
FONTE: AUTOR, 2014.

Como sabemos, a observação compreende uma dimensão que engloba todos os níveis de percepção, e propomos que seja justamente a entrada no sistema, o input que desencadeia o processo, a partir de como percebemos a realidade e os desafios de projeto, no caso específico de processos digitais de projeto.

A observação promove um nível de representação também ligada à realidade e aos desafios de projeto, e as instâncias entre ambas se estabelecem, conforme abordamos anteriormente. Essa preparação do ambiente de projeto permite estratégias e ações em direção à uma determinada performance, no sentido do desempenho, e assim desenvolvimentos e soluções resultarão como saída ou output do processo, que tanto pode ser um produto final como a

entrada para alimentação de um outro sistema, nesse caso, um sistema passa a aprender com o outro.

Para chegarmos ao nível mais completo de comunicação e de interpenetração entre os sistemas - a conversação propriamente dita, conforme definida por Pask - é necessário prever que conjuntos de sistemas que aprendem possam se retroalimentar mutuamente (Figura 164):

FIGURA 164: CONVERSAÇÃO ENTRE SISTEMAS CIBERSEMIÓTICOS
FONTE: AUTOR, 2014.

A partir desse momento, várias conclusões poderão ser obtidas deste primeiro diagnóstico, porém propomos um nível de conversação (Figura 165) que se configure em um ponto de conferência (*check-point*), sugerindo uma tomada de decisão. Este ponto de conferência visa avaliar o quanto o processo de projeto foi interativo, ou em outras palavras, em que medida as negociações iniciais envolvendo todas as questões político-ideológicas foram contempladas:

FIGURA 165: SEXTO NÍVEL DE AÇÃO: CONVERSAÇÃO E PONTO DE CONFERÊNCIA
 FONTE: AUTOR, 2014.

Este ponto de conferência pode levar tanto a um *feedback loop* revisando as ações anteriores, como levar a um segundo nível de revisão a partir da abordagem cibersemiótica, direcionando as saídas do processo para situações deliberativas e executivas de projeto, ou para alimentar outras entradas de outros processos (Figura 166):

FIGURA 166: SÉTIMO NÍVEL DE AÇÃO: REVISÃO DA ABORDAGEM CIBERSEMIÓTICA
 FONTE: AUTOR, 2014.

A revisão de segunda ordem, configurada pelo segundo diagnóstico (diagnóstico #2) também tem o objetivo de introduzir a questão do observador do sistema a ser observado também ser observado, exatamente como propõe a Cibernética de Segunda Ordem. De um ponto de vista filosófico, é fundamental que o Arquiteto responsável pelo projeto, na função do líder que controla o processo, seja também incluído no sistema e passe a ser também a ser controlado pelos demais agentes, portanto, influenciando e sendo influenciado por todos em uma rede de conexões interativas.

Obviamente a estrutura não propõe que seja condição obrigatória para se perfazer o percurso, o conhecimento e a utilização de todas teorias, conceitos e técnicas que são previstas nas diferentes ações. É possível realizar um percurso dentro do processo fazendo escolhas em cada um dos níveis, porém consideramos que é preciso um certo grau de apropriação das ideias desenvolvidas ao longo da tese, para que as escolhas possam ser realizadas com o máximo de competência possível que permita o funcionamento do modelo proposto.

Gostaríamos de finalizar destacando que algumas das experiências práticas realizadas durante o processo de doutoramento e apresentadas na tese, nos permitem somente agora vislumbrar possibilidades relacionadas a esta estrutura cibersemiótica, no sentido de potencializá-las e redefinir rumos e encaminhamentos diferentes dos que acabaram por ocorrer. Muitas delas não possuíam uma definição como a que estamos propondo e em várias situações os projetistas se sentiram sem rumo ou acabaram por refazer etapas sem a consciência sistêmica na qual acreditamos que pode ser conferida por uma abordagem cibersemiótica. Do mesmo modo, outras experiências analisadas e exemplificadas possuem trajetórias que desconheciam ou não consideravam os níveis propostos pelo modelo cibersemiótico, como por exemplo, a definição preliminar a respeito da ideologia. E os projetos foram desenvolvidos, com maior ou menor grau de interatividade em abordagens mais do tipo *top-down* ou mais do tipo *bottom-up*. O que estamos querendo dizer, é que sob certo sentido, a estrutura proposta pode ser mais ou menos interessante para cada projetista definir o nível de interação para cada Processo Digital de Projeto. Porém acreditamos que nossa hipótese foi verificada, na medida em que a Cibersemiótica pode fornecer fundamentação para a construção de uma estrutura para processos digitais de projeto, assim como pode trazer contribuições relevantes no sentido de proporcionar condições para que estes processos se tornem mais interativos.

Considerações sobre o Capítulo 5

Antes de tudo, é preciso esclarecer que acreditamos que outras propostas em relação a conceitos advindos de outros campos do conhecimento poderão e deverão ainda ser feitos, na medida em que a busca cibersemiótica pela colaboração e pela integração transdisciplinar entre diferentes contextos visa contribuir para a formulação de outros saberes científicos, motivando futuras pesquisas para além dos caminhos até o momento percorridos.

Nosso recorte em relação à uma abordagem cibersemiótica para processos digitais de projeto, pretendeu realizar aproximações, partindo de uma proposta integradora como a

Cibersemiótica, a partir das elaborações de Søren Brier, porém redirecionada para o campo da Arquitetura e Urbanismo, especificamente ligada a processos de concepção com mediação digital.

Em um primeiro momento, buscamos estabelecer uma configuração ou *setup* preliminar, que pudesse configurar-se em um *metadesign* do processo. Propusemos um diagrama inicial, em função de todos os conceitos pesquisados na Parte I da presente tese. Definimos uma premissa básica, a ser verificada por uma questão de postura ideológica, e que objetiva a constituição de sistemas de projeto mais abertos, colaborativos e que, assim, adquiram características de interatividade, a partir de uma abordagem cada vez mais do tipo de baixo para cima.

Apresentamos a evolução do diagrama que representa a hipótese proposta para a tese e sua respectiva fundamentação teórica, que discute as relações dos campos de conhecimento envolvidos em uma abordagem cibersemiótica para processos digitais de projeto. Propusemos relações, trocas e percursos, e argumentamos sobre a importância de cada um dos conceitos, para garantir observações, representações e performances pertinentes em função do contexto atual em que são concebidos os projetos com mediação digital. Procuramos ressaltar a importância da significação do projeto de arquitetura, assim como o controle em relação a seus níveis de atualização desejáveis em cada estratégia adotada, a partir das metas estabelecidas em um *metadesign* que admita o projeto como pergunta, e não como resposta.

Posteriormente, procuramos demonstrar um enfoque evolutivo dos processos circulares de retroalimentação, partindo do modelo do Círculo Funcional de Jakob von Uexküll e chegando na Teoria da Conversação de Gordon Pask. Esta estratégia cibernética de utilização de *feedback loop*, principalmente, é fundamental em qualquer nível de programação que vise controlar e equilibrar sistemas, e não seria diferente justamente em sistemas que buscam aplicar estratégias cibersemióticas a processos digitais de projeto.

Procuramos também estabelecer diálogos com autores que discutem processos de projeto, em um nível relacionado às concepções diagramáticas e recursos de retroalimentação, assim como identificamos procedimentos importantes para o estabelecimento de uma estrutura de processo de projeto, como por exemplo, a necessidade da existência de etapas de análise, síntese e avaliação.

Na sequência, propusemos um diagrama geral que representasse a estrutura vislumbrada e detalhamos as etapas e os fluxos propostos, de modo a estabelecer uma estratégia que partisse de uma abordagem ampla, mas que ao mesmo tempo, permitisse uma aplicação simplificada, de conceitos e procedimentos.

Um aspecto decisivo para a adoção da proposta cibersemiótica, enquanto desafio cultural, diz respeito à aceitação dos usuários. Não temos certeza de que seja desejável a utilização de uma abordagem cibersemiótica pelos projetistas em sua realidade diária. É provável que algumas ações sejam rejeitadas ou modificadas, enquanto outras poderão ter uma ampla aceitação. Por isso, ao definirmos uma estrutura para processos digitais de projeto, não desejamos impor uma receita estanque e sem capacidade de negociações e ajustes. Pelo contrário, estamos propondo uma possibilidade dinâmica, que se abre a partir da Cibersemiótica e que pode ser adotada por aqueles que se utilizam, e também por aqueles que desejem se aproximar, de processos de projeto com mediação digital. Também nos ambientes acadêmicos, especialmente nas disciplinas que envolvem o ensino de projeto, sabemos que essa discussão está apenas no começo.

De qualquer modo, uma coisa nos parece irreversível: o futuro da arquitetura será participativo, focado em capacitar as pessoas para configurar e melhorar os espaços em que vivem. Todos os cenários possíveis de um futuro arquitetônico interativo têm em comum, o aumento do papel dos usuários na concepção e no gerenciamento dos espaços arquitetônicos. Consequentemente, esse futuro exige repensar o papel dos arquitetos e urbanistas, e nesse sentido, a estrutura proposta para processos digitais de projeto, nos parece, cumpre também este objetivo.

Conclusões

Ao longo da pesquisa, desenvolvemos nossa capacidade de observar e de compreender que a evolução dos meios digitais tem proporcionado significativas mudanças sócio-culturais, compatíveis com as modificações que ocorrem nos modos de vida contemporâneos. A velocidade, tema chave das mudanças no processo produtivo e a dinâmica de disponibilização do conhecimento, as bases tecnológicas que se diversificam e se especializam simultaneamente e cada vez mais, assim como as relações interdisciplinares e as trocas possíveis de serem feitas em níveis cada vez mais ampliados, vêm alterando também, o modo de se pensar, de se projetar e de se fazer arquitetura.

Concomitantemente a esta gama de atualizações e desenvolvimentos, os processos digitais de projeto apresentam uma série de caminhos que se abrem, tanto de um ponto de vista teórico, discutindo e propondo abordagens que apontem outras possibilidades para as demandas que envolvem problemas arquitetônicos contemporâneos, como de um ponto de vista prático,

utilizando *software*, máquinas e equipamentos e para otimizar a capacidade de produção e potencializar a performance da arquitetura que se pode produzir atualmente.

Se por um lado se torna importante o desenvolvimento teórico, na medida em que a proposição de estruturas, métodos ou esquemas conceituais traz outros olhares para a questão dos processos digitais de projeto, por outro, a evolução tecnológica possibilita a utilização de uma lógica que explora mais profundamente, não apenas as características de produção personalizada em série possibilitadas pela prototipagem e pela fabricação digital, por exemplo, mas também de outros materiais que passam a ser utilizados, em função de suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

Portanto, um possível discurso integrador e não-determinista em direção à construção de fundamentações que forneçam suporte para uma arquitetura produzida a partir da mediação digital, e que se imagine reunindo diferentes estratégias e as mais variadas pesquisas sobre processos digitais de projeto, necessita se concentrar, em nosso ponto de vista, tanto em aspectos de natureza teórica, quanto em aspectos de natureza prática.

Em relação aos aspectos de natureza teórica, acreditamos que a chave de leitura que permite vislumbrar todo o potencial que pode ser desenvolvido, passa necessariamente pela questão da comunicação e do processamento da informação presentes nos processos de projeto. E em se tratando, especialmente, de **processos digitais de projeto**, esta capacidade de trocar informações remete prioritariamente à noção de visão sistêmica e à abordagens transdisciplinares, como vimos na tese proposta pela Cibersemiótica.

Como procuramos demonstrar, a Cibersemiótica constitui-se em uma meta-teoria que busca desenvolver um modelo integrador e que se baseia na complementariedade, propondo conexões entre a mente, a matéria, a natureza e a cultura.

Sabemos que esta não é a única possibilidade que se apresenta e reconhecemos, pelos diversos contatos que tivemos ao longo do processo de doutoramento, que existem muitos caminhos possíveis de serem adotados, como existem também muitos pesquisadores e profissionais se dedicando à questão.

Seria inimaginável, uma apresentar uma tese com fundamentação cibernética sem verificar se as metas (*goals*) estabelecidas foram atingidas. Porém, a análise que buscamos realizar de modo algum visa esgotar o tema. Nosso objetivo foi tentar trazer contribuições possíveis para a prática da Arquitetura, especificamente relacionadas aos processos digitais de projeto. Chegando ao final desta pesquisa é necessário admitir que se fôssemos recomeçá-la novamente, talvez

tivéssemos feito muitas coisas de modo diferente. Porém também precisamos argumentar que em muitos sentidos, pensamos ter realizado aquilo a que nos propusemos. Acreditamos ter respondido de modo satisfatório às questões iniciais que motivaram a pesquisa e que levaram à confirmação da hipótese proposta na parte introdutória da tese:

1. Métodos de projeto transdisciplinares podem trazer contribuições para processos digitais de projeto. A estrutura cibersemiótica proposta apresenta possibilidades que julgamos serem relevantes, no sentido de indicar um caminho – obviamente, não o único – para a utilização de estratégias e desenvolvimento de procedimentos em processos digitais de projeto.
2. Processos digitais de projeto deverão possuir em seu cerne o pensamento sistêmico, promovendo interatividade, flexibilidade nas metas finais em estruturas conceituais reconfiguráveis, na busca de uma arquitetura mais organizada de baixo para cima, de um ponto de vista cibernético, desde que sejam previstos mecanismos que permitam analisar, revisar e ajustar posturas e procedimentos, a partir de pontos de conferências, *feedback loops*, e níveis de conversação que possam controlar o sistema.
3. Os significados produzidos por processos digitais de projeto podem ser analisados de um ponto de vista semiótico, a partir do conceito de signo definido por Peirce, o que permite a observação dos fenômenos e sua tradução em vários níveis simbólicos, como as imagens os diagramas e as metáforas.

Assim, acreditamos que a hipótese foi verificada e que a Cibersemiótica, enquanto teoria concebida e desenvolvida para promover a transdisciplinaridade, pode proporcionar outras abordagens e fundamentar reflexões atualizadas, no sentido de produzir uma estrutura para os processos digitais de projeto, utilizados na arquitetura contemporânea.

Especificamente em nosso caso, esta pesquisa de doutorado deu continuidade em muitos aspectos à pesquisa de mestrado em Estudos de Linguagens completada em 2009, e intitulada “O desenho analógico e o desenho digital: a representação do projeto arquitetônico influenciado pelo uso do computador e as possíveis mudanças no processo projetivo em arquitetura”, e portanto, imaginamos que conseqüentemente outras investigações se sucederão após a conclusão da mesma.

O cenário que se apresenta indica que as possibilidades de construção de redes colaborativas entre pesquisadores, laboratórios e universidades estão cada vez mais se ampliando, seja a

partir de congressos e eventos como o SIGRADI²⁶⁷, o CAADRIA²⁶⁸ e o eCAADe²⁶⁹, ou em ações diretas entre os agentes dessas redes.

Iniciativas como a que ocorreu na ação conjunta entre UFMS e USP em junho deste ano, a partir da proposta de produção dos protótipos dos alunos da disciplina de Informática Aplicada aos Desenhos de Arquitetura do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMS, com a utilização do laboratório de fabricação digital do Nomads.usp, confirmam este indicativo. O exercício [parklets] envolveu processos digitais de projeto, com a utilização de *design* paramétrico e fabricação digital. A partir do conceito dos *parklets* proposto para São Paulo/SP²⁷⁰, foram desenvolvidas algumas adaptações para Campo Grande/MS e os projetos foram desenvolvidos e prototipados em escala 1/20 com a orientação da equipe de professores da UFMS²⁷¹. Posteriormente, com a supervisão dos professores da USP e capacitação realizada por pesquisadores do nomads.usp, o processo de produção foi realizado em São Carlos (Figuras 167, 168, 169 e 170):

FIGURA 167: ALUNOS DA UFMS TRABALHANDO EM SÃO CARLOS.
FONTE: AUTOR, 2014.

FIGURA 168: ALUNOS DA UFMS MONTANDO OS PROTÓTIPOS.
FONTE: AUTOR, 2014.

FIGURA 169: CORTE DOS PROTÓTIPOS.
FONTE: AUTOR, 2014.

FIGURA 170: PARKLET: MODELO DIGITAL E PROTÓTIPO EM ESCALA 1:20.
FONTE: AUTOR, 2014.

²⁶⁷ SIGRADI, congresso da Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital: <http://www.sigradi.org/>.

²⁶⁸ CAADRIA, congresso da Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia: <http://www.caadria.org/>.

²⁶⁹ eCAADe, congresso da Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe: <http://www.ecaade.org/>.

²⁷⁰ Site: <http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/parklets/>.

²⁷¹ Site: <http://representacaoconc.wix.com/informaticaufms#!2014---01/ctxl>.

Do mesmo modo, o processo que começa a ocorrer em várias universidades e que demonstra o interesse pela montagem de laboratórios de prototipagem e fabricação digital, assim como a busca por profissionais com um perfil especializado na área de processos digitais de projeto e a possibilidade de utilização de vários tipos de software legalizados em versões educacionais, tudo isso indica um movimento de atualização do ensino e da pesquisa voltados para processos de projeto a partir da mediação digital.

Também este cenário suscita outra importante questão, a de que os processos digitais de projeto trazem consigo responsabilidades, tanto em nível acadêmico, como também em uma esfera de atuação profissional que repercute no nível sócio-cultural. As discussões estão ainda em fases iniciais, mas algumas ações já estão sendo realizadas e percebemos alterações significativas em relação às abordagens possíveis de serem adotadas, como a que apresentamos na tese.

Assim, visualizamos a finalização e a publicização da tese, como registro de um processo que não é estanque, mas sim dinâmico, e que portanto assemelharia-se a um rio, com fluxo contínuo. Porém sabemos que a ruptura é necessária e inerente ao processo, e ainda que gostaríamos de escrever mais sobre muitas outras questões, encaramos este momento como um incentivo para começar outras buscas, outros caminhos e questões a serem pesquisados.

Os processos de concepção e produção continuarão a se desenvolver e se atualizar, assim como novas estratégias deverão surgir para acompanhar as constantes atualizações. Em sentido complementar, a proposta cibersemiótica reúne em sua abordagem transdisciplinar campos do conhecimento que, ainda que já possuam níveis bastante avançados de desenvolvimento, permitirão muitas relações e aprofundamentos que poderão ainda trazer mais e mais contribuições.

Na direção dos *Collected Papers*²⁷², assim como outros materiais relacionados à produção de Peirce, o conhecimento cibernético amplamente desenvolvido a partir do período pós-guerra retomou toda a sua ampla possibilidade de pesquisa e potencial de fornecimento das bases para a compreensão e discussão a respeito da cultura digital.

Deste modo percebemos que as portas estão abertas para muitos outros caminhos e muitas outras possibilidades. Julgamos ter desenvolvido nossa pesquisa a partir de muitas referências e trabalhos anteriores, e que assim, do mesmo modo, esperamos ter apresentado contribuições

²⁷² Os *Collected Pappers* de Charles Sanders Peirce reúnem artigos, manuscritos e anotações de seus alunos em sala de aula, os quais se constituem ainda hoje, em grande fonte de estudo e pesquisa sobre seu pensamento.

para a comunidade científica de modo a facilitar e fomentar outras pesquisas que certamente ocorrerão.

Citando Wiener, “enquanto o universo como um todo, se de fato existe um universo íntegro, tende a deteriorar-se, existem enclaves locais cuja direção parece ser o oposto à do universo em geral e nos quais há uma tendência limitada e temporária ao incremento da organização. A vida encontra seu *habitat* em alguns desses enclaves.” (WIENER, 1954, p.14). E gostaríamos de acrescentar que também neste *habitat*, situa-se a pesquisa acadêmica.

Referências Bibliográficas utilizadas na introdução

ALVES, Gilfranco Medeiros. Entrevista com Kas Oosterhuis. Conversa sobre o Hyperbody, arquitetura interativa, design paramétrico e processos de projeto e de produção contemporâneos. *Entrevista*, São Paulo, ano 14, n. 054.01, Vitruvius, maio 2013 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/14.054/4758>>.

BRIER, Søren. *Cybersemiotics: Why Information Is Not Enough*. Toronto: University of Toronto Press Incorporated, 2008.

BRIER et al. Mind, Matter, and Evolution: An Outline of C. S. Peirce's Evolutionary Cosmogony. *Cybernetics and Human Knowing*. Vol. 19, nos. 1-2, pp. 95-120, 2012.

FABRICIO, Márcio; MELHADO, Silvio. O processo cognitivo e social de projeto. In: Doris C. C. Kowaltowski; Daniel de Carvalho Moreira; João R.D. Petreche; Márcio M. Fabricio. (Org.). *O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia*. 1ed.São Paulo: Oficina de textos, 2011, p. 57-63

KOTNIK, Toni. Digital Architectural Design as Exploration of Computable Functions. In: *International Journal of Architectural Computing*. Issue 01, vol. 08, 2010.

LAWSON, Bryan. *Como Arquitetos e Designers Pensam*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LÉVY, P. As formas do saber. Transcrição de vídeo. Nomads.usp, 2001.

MCLUHAN. The Playboy interview. In *Playboy Magazine*, 1969. Disponível em http://www.mcluhanmedia.com/m_mcl_inter_pb_01.html. Acessado em 03/06/2010.

OXMAN, Rivka. *Theory and design in the first digital age*. Haifa: Faculty of Architecture and Town Planning Technion, 2006.

PASK, Gordon. The architectural relevance of cybernetics. In: *Architectural Design*. London, 1969.

VASSÃO, Caio Adorno. *Metadesign: ferramentas, estratégias e ética para a complexidade*. São Paulo: Blucher, 2010.

WOODBURY, Robert. *Elements of Parametric Design*. New York: Routledge, 2010.

Referências Bibliográficas utilizadas no Capítulo 1

ALVES, Gilfranco Medeiros. Entrevista com Kas Oosterhuis. Conversa sobre o Hyperbody, arquitetura interativa, design paramétrico e processos de projeto e de produção contemporâneos. *Entrevista*, São Paulo, ano 14, n. 054.01, Vitruvius, maio 2013 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/14.054/4758>>.

ALVES, Gilfranco e PRATSCHKE, Anja. Concepções arquitetônicas emergentes a partir do processo criativo digital. In: *XIV SIGRADI - Disrupción, modelación y construcción: Diálogos cambiantes*. p.54. Bogotá, 2010.

ARANTES, Pedro Fiori. *Arquitetura na Era Digital-Financeira: Desenho, Canteiro e Renda da Forma*. São Paulo: Ed. 34, 2012.

BAHAMON, Alejandro. *Arquitetura Efêmera Têxtil*. Lisboa: Dinalivro, 2004.

BERTALANFFY, L. V. *Teoria Geral dos Sistemas*. Petrópolis: Vozes, 1975.

BRIER, Sören. Cyber-Semiotics: Can the triadic semiotics of Peirce and the second order cybernetics of von Foerster, Maturana, Varela and Luhmann be fruitfully connected to a new second order non-mechanistic framework for interdisciplinary information science. Abstrakt til konferencen. *Einstein meets Magritte: An interdisciplinary reflection on science, nature, human action and society*. 29. mai - 3.jun 1995 på Vrije Universitet, Bruxelles, 1995.

BURRY, J.; BURRY, M. *The New Mathematics of Architecture*. London: Thames & Hudson, 2012.

BURRY, Marc. The Sagrada Familia. In *Digital Fabricators*. pp. 10-15. Toronto, University of Waterloo School of Architecture Press, 2004.

CARPO, Mario (ed.). *The Digital Turn in Architecture (1992-2012)*. Chichester, John Willey & Sons, 2013.

CRUZ, André João Abrunhosa Barata. *Uma análise Biológica de Frei Otto*. Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitectura. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra Departamento de Arquitectura Coimbra, Julho 2012.

GIEDION, Siegfried. *Espaço, Tempo e Arquitetura: o desenvolvimento de uma nova tradição*. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

HAQUE, Usman. *The Architectural Relevance of Gordon Pask*. Architectural Design, Londres, v. 77, n. 4, 2007.

HAQUE, Usman. Architecture, Interaction, Systems. In *Pask Presents – the exhibition*. Wien: Echoraum, 2008.

KOTNIK, Toni. Digital Architectural Design as Exploration of Computable Functions. In: *International Journal of Architectural Computing*. Issue 01, vol. 08, 2010.

LEACH, Neil. *Metabolism and Morphology*. In Architectural Design s/n. P 32-37. Wiley & Sons, s/d.

MENGES, Achim e AHLQUIST Sean. (ed.). *Computational Design Thinking*. UK: John Wiley and Sons, 2011.

MEREDITH, Michael. *From Control to Design*. New York: Actar-D, 2008.

ORCIUOLI, A. e CELANI, G. 3D em detalhes. *Revista AU*. São Paulo, dezembro 2010. p.68-71.

OXMAN, Rivka. *Theory and design in the first digital age*. Haifa: Faculty of Architecture and Town Planning Technion, 2006.

PICKERING, Andrew. *Cybernetics and the Mangle: Ashby, Beer and Pask*. In: Social Studies of Science, Vol. 32, No. 3 (Jun., 2002), pp. 413-437. SAGE, 2009.

PRATSCHKE, A. *Entre Mnemo e Locus: arquitetura de espaços virtuais, construção de espaços mentais*. Tese (Doutorado em Ciências da Computação e Matemática Computacional). São Carlos: Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, 2002.

_____. De objetos interativos a sistemas de arquitetura estendida: conversa com Usman Haque. *Revista VIRUS*, São Carlos, n.2, 2 sem. 2009. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus02/entrevista/pratschke.php>>. Acessado em 24/08/2010.

PUPPO, Regiane Trevisan. *A inserção da Prototipagem e Fabricação Digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura*. Campinas, 2008. 237f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

VARELA, Francisco; et al. *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. Boston: MIT, 1991.

WIENER, Norbert. *Deus, Golem & Cia*. São Paulo: Cultrix, 1964

Referências Bibliográficas utilizadas no Capítulo 2.

AHLQUIST, Sean and MENGES, Achim. *Computational Design Thinking*. Chichester: John Willey and Sons, 2011.

BENTLEY, Peter and CORNE, David. An Introduction to Creative Evolutionary Systems. In: AHLQUIST, Sean and MENGES, Achim. *Computational Design Thinking*. Chichester: John Willey and Sons, 2011.

BURRY, J. ; BURRY, M. *The New Mathematics of Architecture*. London: Thames & Hudson, 2012.

CELANI, Gabriela. *Algorithmic Sustainable Design*. Uma visão crítica do projeto generativo. *Resenhas Online*, São Paulo, ano 10, n. 116.03, Vitruvius, ago. 2011 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/resenhasonline/10.116/3995>>.

CHATURVEDI, Sanhita et al. *Knitectonics*. Master in Architectural Association London, 2011.

CHATURVEDI, S.; COLMENARES, E.; MUNDIM, T. S. Knitectonics. Traduzido do inglês por João Paulo Soares. *Revista V!RUS*, São Carlos, n. 6, dezembro 2011. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus06/?sec=4&item=2&lang=pt>>. Acesso em: 22 Abr. 2014.

ESTEVEZ, Alberto. *Genetic Architectures/Arquitecturas Genéticas*. Barcelona: Lumen/SITES, 2003.

_____. *Genetic Architectures/Arquitecturas Genéticas III: Nuevas técnicas biológicas y digitales*. Barcelona: Lumen/SITES, 2009.

CARANDELL, Josep. *Park Güell: Utopia de Gaudí*. Barcelona: Triangle Postals, 2005.

CARPO, Mario (ed.). *The Digital Turn in Architecture (1992-2012)*. Chichester, John Willey & Sons, 2013.

COSTA, Mauro. La “Bio-Lógica” y los Paradigmas de la Era Digital. In: ESTEVEZ, Alberto. *Genetic Architectures/Arquitecturas Genéticas III: Nuevas técnicas biológicas y digitales*. Barcelona: Lumen/SITES, 2009.

DOLLENS, Dennis. *Naturaleza Digital, e-Trees y Arquitectura Generativa*. In: ESTEVEZ, Alberto. *Genetic Architectures/Arquitecturas Genéticas III: Nuevas técnicas biológicas y digitales*. Barcelona: Lumen/SITES, 2009.

DUNN, Nick. *Digital Fabrication in Architecture*. London: Laurence King, 2012.

FISCHER, T.; HERR, C. M. Teaching generative design, In: *Proceedings of the 4th International Generative Art Conference*. Milão: Ed. SODDU, 2001. Disponível em: <<http://www.generativeart.com>>. Acesso em: 31/10/2014.

GALOFARO, Luca. *Digital Eisenman: An Office of the Eletronic Era*. Boston: Birkhäuser, 1999.

GOODWIN, Brian. *How the leopard changed its spots: the evolution of complexity*. New York: Touchstone, 1994.

HENSEL, Michael. Et al. Emergent Technologies and Design: Towards a biological paradigm for architecture. Routledge: NY, 2010.

KNIGHT, Terry. Computing with Emergence. *Environment and Planning B: Planning and Design*, volume 30, p. 125-155, 2003.

KOLAREVIC, Branko. *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. New York: Spon, 2003.

LAWSON, Bryan. *Como Arquitetos e Designers Pensam*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LYNN, Greg. *Blobwall*. In AD 79. P. 96-99. John Wiley and Sons, 2009.

_____. *Designing with Grammars*. CAAD futures Digital Proceedings, p. 33, 1991.

MATURANA, Humberto. *Cognição, Ciência e Vida Cotidiana*. Org. e Trad. Cristina Magro. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2001.

MATURANA, Humberto. *A Ontologia da Realidade*. Org. e Trad. Cristina Magro. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1997.

MEREDITH, Michael (org.). *From Control to Design*. New York: Actar-D, 2009.

MITCHELL, William J. *A lógica da Arquitetura*. Trad. Gabriela Celani. Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.

MONEO, Rafael. *Inquietação Teórica e Estratégia Projetual na Obra de Oito Arquitetos Contemporâneos*. Trad. Flavio Coddou. São Paulo: Cosac Naify, 2008.

MORIN, Edgar. *Ciência com Consciência*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. (1921).

OXMAN, Rivka e OXMAN, Robert. *Theories of the Digital in Architecture*. Abington: Routledge, 2014.

PASK, Gordon. The architectural relevance of cybernetics. In: *Architectural Design*. London, 1969.

ROUDAVSKY, Stanislav. *Towards Morphogenesis in Architecture*. International Journal of Architectural Computing. Issue 03, volume 07, 2012.

SHELDEN, Dennis and WITT, Andrew. Continuity and Rupture. In: OXMAN, Rivka and OXMAN, Robert. *Theories of the Digital in Architecture*. Abingdon: Routledge, 2014.

STINY, G. and GIPS, J. Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture. In *Information Processing 71*, p.1460–1465. North-Holland Publishing Company. (1972).

TEDESCHI, Arturo. *Parametric Architecture with Grasshopper*. Brienza: Le Penseur, 2011.

TERZIDIS, Costa. Algorithm Form. In AHLQUIST, Sean e MENGES, Achim. *Computational Design Thinking*. Chichester: John Willey and Sons, 2011.

UEXKÜLL, Thure von. *A Teoria do Umwelt de Jakob von Uexküll* in The Semiotic Web 1988. Thomas Sebeok (ed.). Berlim-Nova Iorque: Mouton de Gruyter, 1989. (col. Approaches to semiotics, 85), p.129-158.

WEINSTOCK, Michael. *The architecture of emergence: the evolution of form in nature and civilisation*. London: Wiley, 2010.

WOODBURY, Robert. *Elements of Parametric Design*. New York: Routledge, 2010.

Referências Bibliográficas utilizadas no Capítulo 3

ALVES, Gilfranco. *O desenho analógico e o desenho digital: a representação o projeto arquitetônico influenciado pelo uso do computador e as possíveis mudanças no processo projetivo em arquitetura*. Dissertação de Mestrado. Campo Grande: UFMS, 2009.

ALVES, Gilfranco; PRATSCHKE, Anja. *Concepções Arquitetônicas Emergentes a Partir do Processo Criativo Digital. SIGraDi 2010. Disrupción, modelación y construcción: Diálogos Cambiantes* [Proceedings of the 14th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics - ISBN: 978-956-7051-86-1]. P. 54. Colômbia. Universidad de los Andes, 17-19 Novembro, 2010.

_____. Processos de Projeto Cibersemióticos: Procedimentos de Observação, Representação e Performance Aplicados ao Design Paramétrico. *SIGraDi 2013* [Proceedings of the 17th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics - ISBN: 978-956-7051-86-1] pp. 258 – 261. Chile - Valparaíso 20 - 22 Novembro, 2013.

ASHBY, Ross W. *Introdução à Cibernética*. São Paulo: Perspectiva, 1970.

BEER, Stafford. *Diseñando la Libertad*. Madri: F.C.E., 1977.

_____. *Introduction: The Coalescence of Cybernetics in the 1940's*. 2007. Disponível em: <<http://www.asc-cybernetics.org/foundations/history2.htm>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

BISHOP, J.M., NASUTO, J.S. Second-order cybernetics and enactive perception. In: *Kybernetes*, vol. 34 No. 9/10. Bradford: MCB University Press, 2005.

BRIER, Søren. Cybersemiotics and Umweltslehre. *Semiotica*. Special issue on Jakob von Uexküll, 134-1/4, 779-814.

_____. The Integration of Second Order Cybernetics, Autopoiesis and Biosemiotics. *Cybernetics & Human Knowing*, Vol. 10, No. 1, pp. 106-109, 2003.

_____. *Cybersemiotics: Why Information Is Not Enough*. Toronto: University of Toronto Press Incorporated, 2008.

_____. *Cybersemiotics: An Evolutionary World View Going Beyond Entropy and Information into the Question of Meaning*. Copenhagen: Entropy 12, 1902-1920, 2010.

DUARTE, Rovenir Bertola. Radicalizando por diagramas. Por favor, devagar no mar agitado das novidades. *Arquitextos*, São Paulo, ano 12, n. 143.06, Vitruvius, abr. 2012 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.143/4275>>.

EMMECHE, Claus. Does a robot have an Umwelt? Reflections on the qualitative biosemiotics of Jakob von Uexküll. *Semiotica* vol. 134 (issue 1/4): pp. 653-693; 2001. (A special issue on Jakob von Uexküll)

FAVAREAU, Donald. The Cybersemiotic Project of Søren Brier. In: THELLEFSEN, Torkild et al. (ed.). *From First to Third via Cybersemiotics*. Frederiksberg: Scandinavian Book, 2011.

FOERSTER, Heinz Von. *Cybernetics of cybernetics, or the control of control and the communication of communication*. Illinois:University of Illinois, 1974.

GIANNETTI Claudia. *Estética Digital: Sintopia da Arte, a Ciência e a Tecnologia*. Belo Horizonte: C/Arte, 2006.

GHIZZI, Eluiza Bortolotto. *A autocrítica da arquitetura mediada pelo ambiente digital: o drama dos espaços possíveis*. São Paulo, 2005. Tese (Doutorado). PUC/SP.

GLANVILLE, R. *Uma reflexão (cibernética): design e cibernética*. Trad. ALVES, G., TRAMONTANO, M. In VIRUS. N. 3. São Carlos: Nomads.usp, 2010. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/invited/layout.php?item=2&lang=pt>. Acessado em: 11/06/2014.

HEYLINGHEN F.; JOSLYN C., *Cybernetics and Second Order Cybernetics*, In: R. A. Meyers (ed.), *Encyclopedia of Physical Science and Technology* 3rd ed. New York, Academic Press, 2001.

IBRI, Ivo. A. *Kósmos Noétos: A arquitetura metafísica de Charles S. Peirce*. São Paulo: Perspectiva: Hólon, 1992.

IDATTE, Paul. *Chaves da Cibernética*. Trad. Álvaro Cabral. Paris: Éditions Seghers, 1970.

LAFONTAINE, Céline. *O Império Cibernético: Das Máquinas de Pensar ao Pensamento Máquina*. Trad. Pedro Filipe Henriques. Lisboa: Instituto Piaget, 2004.

LUHMANN, Niklas. *Social Systems*. Stanford: Stanford Univesity Press, 1997.

McGRATH, Brian; GARDNER, Jean. *Cinematics: Architectural Drawing Today*. Chichester: John Wiley & Sons, 2007.

MEREDITH, Michael. *From Control to Design*. New York: Actar-D, 2008.

NEVES, Rômulo Figueira. *Acoplamento Estrutural, Fechamento Operacional e Processos Sobrecomunicativos na Teoria dos Sistemas Sociais de Niklas Luhmann*. (Dissertação de Mestrado). São Paulo: USP, 2005.

NÖTH, Winfried. *Panorama da Semiótica: de Platão a Peirce*. São Paulo: Annablume, 2003.

PEIRCE, Charles S. *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, Vols. I-VIII, Charles Hartshorne, Paul Weiss, and Arthur Burks, eds., Harvard University Press, 1931-58.

_____. *Semiótica*. Trad. José Teixeira Coelho Neto. São Paulo: Perspectiva, 2003.

SANTAELLA, Lúcia. *A percepção*. São Paulo: Experimento, 1998.

SCHEEREN, Rodrigo; SPERLING, David Moreno. Dos Diagramas aos Parâmetros: Transformações no Design Digital. *XVII Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, SIGRADI:*

Knowledge-based Design. PP. 262-265. Valparaíso: Universidad Tecnica Frederico Santa Maria, 2013.

SCOTT, B. *Second-order cybernetics: an historical introduction*. In: *Kybernetes*. MCB University Press, Vol. 33, No. 9/10, 2004.

VARELA, Francisco. Et al. *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. Cambridge: MIT Press, 1993.

VELOSO, Pedro Luís Alves; PRATSCHKE, Anja. *Uma Arqueologia de Diagramas Cibernéticos*. XVII Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, SIGRADI: Knowledge-based Design. PP. 353-356. Valparaíso: Universidad Tecnica Frederico Santa Maria, 2013.

VIDALES, Gonzales Carlos. *Semiótica y Teoría de la Comunicación - Tomo I*. Colección. Altos Estudios N°. 23. Monterrey: CECyTE, 2010.

WIENER, N. *Cibernética e Sociedade: O uso humano de seres humanos*. São Paulo: 1954.

Referências Bibliográficas utilizadas no Capítulo 4.

ABELED, Guillermina; DI PECO, Martín. Bióticos Estelares: Arquitetura Viva. In: Revista Summa. Ed. 133. pp. 82-97. São Paulo: Ação, 2014.

AISH, Robert. Exploring the Analogy that Parametric Design is a Game. pp. 202-207. In: OOSTERHUIS, Kas; FEIREISS, Lukas. (ed.). *The Architecture Co-Laboratory: Game, Set and Match II – On Computer Games, Advanced Geometries and Digital Technologies*. Delft: Episode, 2006.

ALVES, Gilfranco. Entrevista com Kas Oosterhuis: Conversa sobre o Hyperbody, arquitetura interativa, design paramétrico e processos de projeto e de produção contemporâneos. Entrevista, São Paulo, ano 14, n. 054.01, *Vitruvius*, maio 2013 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/14.054/4758>>.

BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

FLANAGAN, Mary. The Sims: Suburban Utopia; pp. 150-151. In: BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

GINGOLG, Chaim. Pac-Man: A Maze with Multiple Meanings. pp. 78-79. In: BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

HOVESTAD, Ludger. Why Games for Architecture? pp. 335-339. In BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

HOOG, Jachen. Architecture_Engine_1.0: Playing Architecture. pp. 322-323. In: BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

JOFFE, Benjamin. MOGI: Location-Based Services – A Community Game in Japan. In: BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

LATOUR, Bruno. *Ciência em Ação: Como Seguir Cientistas e Engenheiros Sociedade Afora*. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

_____. *A Esperança de Pandora. Ensaios na Realidade dos Estudos da Ciência*. Bauru: EDUSC, 2001. (Publicado originalmente como: Circulating Reference. Sampling the Soil in the Amazon Forest. In *Pandora's hope. Essays on the reality of science studies*. pp. 24-79. Cambridge, Massachusetts. and London: Harvard University Press, 1995.)

_____. *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network Theory*. New York: Oxford University Press, 2005.

LAW, J. Notes on the Theory of the Actor Network: Ordering, Strategy and Heterogeneity. Lancaster: Centre for Science Studies, Lancaster University, 1992.

LOBO, Daniel G. Playing with Urban Life: How SimCity Influences Panning Culture. pp. 206-209. In: BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

LOOTSMA, Bart. Toward a Game Theory of Architecture. pp. 404-406. In: BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

MITCHELL, William J. Action in the Hands of the User. Pp. 407-409. In: BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

MYERSON, Roger. *Game Theory: Analysis of Conflict*, Harvard University Press, 1991.

NOBRE, Júlio Cesar de Almeida; PEDRO, Rosa Maria Leite Ribeiro. Reflexões sobre possibilidades metodológicas da Teoria Ator-Rede. *Cadernos UniFOA*. Volta Redonda, Ano V, n. 14, dezembro 2010.

NOJIMOTO, Cynthia; SOARES, João; VENTURA, Anelise; TRAMONTANO, Marcelo. Fabricação Digital: o controle do que é variável. In: NOMADS.USP (Org.). *Territórios Híbridos: ações culturais, espaço público e meios digitais*. São Carlos: IAU-USP, 2013.

NOVA, Nicolas; GIRARDIN, Fabien. CATCHBOB: Debord's Dérive and Pervasive Computing. pp. 300-301. In: BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

OOSTERHUIS, Kas. *Hyperbodies: Towards an E-motive Architecture*. Basel: Birkhäuser, 2003.

_____. *Multiplayer Design Studio*. China Architecture & Building Press, 2008.

_____. Simply Complex: Toward a New Kind of Building. In: *Frontiers of Architectural Research*. Delft: Elsevier, 2012.

_____. Move That Body: Building Components are Actors in a Complex Adaptive System. pp. 345-360. In: OXMAN, Rivka; OXMAN, Robert. *Theories of the Digital Architecture*. Abington: Routledge, 2014.

_____. Swarm Architecture II. pp. 14-28. In: OOSTERHUIS, Kas; FEIREISS, Lukas. (ed.). *The Architecture Co-Laboratory: Game, Set and Match II – On Computer Games, Advanced Geometries and Digital Technologies*. Delft: Episode, 2006.

OOSTERHUIS, Kas; FEIREISS, Lukas. (ed.). *The Architecture Co-Laboratory: Game, Set and Match II – On Computer Games, Advanced Geometries and Digital Technologies*. Delft: Episode, 2006.

OOSTERHUIS, Kas; JASKIEWICZ, Tomasz. 798 Multipayer Design Game. pp. 358-361. In BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

PEDRO, R. M. L. R. Redes e Controvérsias: ferramentas para uma cartografia da dinâmica psicossocial. In: *VII Esocite - Jornadas Latino- Americanas de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias*, Rio de Janeiro, 2008.

POREMBA, Cindy. Tennis for Two/Pong: Spatiality in Abstract 2D Environments. pp. 32-33. In: BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

SCHIMIDT, Florian. Second Life: Lego on Acid. pp. 156-157. In: BORRIES, Friedrich von; WALZ, Steffen P.; BÖTTGER, Matthias. (Ed.). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level*. Basel: Birkhäuser, 2007.

SYCARA, P. Katia. *Multiagent Systems*. pp. 79-92. In *AI Magazine*. American Association for Artificial Intelligence, 1998.

VENTURA, Anelise; PRATSCHKE, Anja. Slice: experiência de gestão de um processo de projeto paramétrico, com superfícies complexas. In: *Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído; Encontro Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção*, 2013, Campinas. Anais. PP 745-756. Porto Alegre: ANTAC, 2013.

WEISER, M. *The Computer for the 21st Century*. Scientific American, pp. 94-104, 1991.

YANG, Ang. *Intelligent Complex Adaptive Systems*. London: IGI Publishing, 2008.

Referências Bibliográficas utilizadas no Capítulo 5

ANDRADE, Max; RUSCHEL, Regina; MOREIRA, Daniel. O Processo e os Métodos. In *O Processo de Projeto em Arquitetura: da Teoria à Tecnologia*. Kowaltowski et al. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

ARANTES, Pedro Fiori. *Arquitetura na Era Digital-Financeira: Desenho, Canteiro e Renda da Forma*. São Paulo: Ed. 34, 2012.

BRIER, Søren. *Cybersemiotics: why information is not enough*. Toronto: University of Toronto Press Incorporated, 2008.

CELANI, Gabriela. Palestra: *Sistemas generativos de projeto e novos meios de produção pós-industrial*. Evento Fab Lab SP. Fabricação digital: para quê e para quem? Vídeo. FAU/USP - 08/12/2011. Disponível em: <http://youtu.be/xZVr6z6T-PI>. Acessado em 29/07/2014.

DUBBERLY, Hugh; HAQUE, Usman; PANGARO, Paul. *What is Interaction? Are there diferente types?* ACM Interactions. Volume XVI.1. Modeling Forum, 2009.

EAGLETON, T. O que é ideologia. In *Ideologia: uma introdução*. São Paulo: Editora da UNESP/Bomtempo, 1977.

HAQUE, U. The Architectural Relevance of Gordon Pask. In: *Architectural Design*. London. Vol. 77, Nº4, 2007.

JAMESON, Fredric. O modernismo como ideologia. In *Modernidade Singular*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.

LAWSON, Bryan. Como Arquitetos e Designers Pensam. Trad. Maria Beatriz Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

PASK, Gordon. *Conversation Theory: Applications in Education and Epistemology*. Amsterdam: Elsevier, 1976.

PICON, Antoine. *Digital Culture in Architecture: Na Introduction for the Design Professions*. Basel: Birkhäuser, 2010.

SEBEEK, Thomas. *The Sign & Its Masters*. Lanham: University Press of America, 1989.

TERZIDIS, KOSTAS. *Algorithmic Architecture*. Burlington: Elsevier, 2006.

UEXKÜLL, Thure von. The Sign Theory of Jakob von Uexküll. In *Semiotica: Journal of the International Association for Semiotic Studies*. Amsterdam: Mouton, 1984.

VASSÃO, Caio Adorno. *Metadesign: ferramentas, estratégias e ética para a complexidade*. São Paulo: Blucher, 2010.

Glossário

Incluiremos alguns termos e expressões mais utilizadas nas áreas e atividades ligadas à processos digitais de projeto, com o objetivo de fornecer um guia de consulta rápida, independentemente da língua utilizada, uma vez que estes são consagrados pelo uso, especialmente em Inglês. Alguns foram tratados na tese, outros não, mas de qualquer modo, julgamos importante seu conhecimento para a comunicade envolvida nestes processos.

Algoritmo

No contexto de processos digitais de projeto, um algoritmo é uma série de instruções claras que definem um procedimento computacional a ser realizado. Algoritmos são intrínsecos aos *software* de *design* digital cujas diferentes plataformas permitem diferentes graus de interação potencial com a própria programação. (1)

CAD (Computer-Aided Design)

CAD ou projeto assistido por computador baseia-se na utilização de um *software* como uma ferramenta em um processo para concepção de um objeto. Um arquivo CAD é necessário para controlar uma máquina CAM. (1)

CAM (Computer-Aided Manufacture)

A produção auxiliada por computador baseia-se no uso de um *software* para controlar um processo ou máquina-ferramenta. Uma máquina CAM requer um arquivo CAD para trabalhar. Dessa interação também decorre a expressão *file-to-factory*, que significa enviar um arquivo de projeto diretamente para a produção. (1)

Celular autômata

Em 1970, John Horton Conway inventou o jogo da vida, um jogo com zero jogadores. É um processo evolutivo que depende apenas de seu estado inicial, sem necessidade de seres humanos. O universo do jogo é ilimitado em uma malha ortogonal de células quadradas, onde cada uma das quais pode exibir um dos dois estados possíveis em qualquer tempo: vivo ou morto. Cada célula interage com seus oito vizinhos, células na vertical, horizontal e diagonal. (2)

CNC (Computer Numerical Control) milling and routing

O Controle Numérico Computadorizado permite que máquinas, como por exemplo, de fresagem e roteamento possam cortar objetos tridimensionais ou superfícies, usando um arquivo CAD, a partir de um material sólido, como madeira, alumínio, espumas de poliestireno e fibras de carbono. As máquinas podem cortar ao longo de três ou mais eixos simultaneamente. (1)

Computabilidade

A questão do que pode ser computado é anterior à existência do computador eletrônico moderno. Na década de 1930, uma coleção das melhores mentes matemáticas definiu de forma independente o que significa ser computável: Para Alonzo Church's, cálculo; função recursiva para Kurt Godel, e para Alan Turing, máquinas abstratas. Os modelos cabaram por tornarem-se equivalentes, uma vez que o que era computável em um, também era computável nos demais. (2)

Cortadora por jato de água

Uma cortadora por jato de água usa um fino jato de água, misturado com substâncias abrasivas, para cortar uma variedade de materiais duros, como ferro, aço, titânio, pedra, concreto, vidro, madeira laminada, espelhos e resinas compostas. (1)

Cortadora de plasma

Este é um processo tipicamente utilizado para cortar aço e outros metais. Um gás inerte é passado através de um bocal à alta velocidade, em conjunto com um arco eléctrico, o qual transforma uma parte do gás em plasma, com uma temperatura tão alta que possa cortar o metal. (1)

Parametric Design/Design Paramétrico

O processo de projeto paramétrico permite ao projetista definir relações entre os elementos ou grupos de elementos, e atribuir valores ou expressões para organizar e controlar essas definições. Ele cria como uma série de relações que permitem que elementos se conectem e construam o projeto. O projetista pode, a qualquer momento, alterar os valores ou equações que formam as relações entre os elementos, e os efeitos destas alterações serão incorporados em todo o sistema. (1)

Dynamic relaxation

Relaxamento dinâmico é um método de modelagem computacional para a busca da forma para cabos e estruturas de tecido. No teto para o Museu Britânico projetado pelo arquiteto Norman Foster, por exemplo, este método teve de ser usado para encontrar a subdivisão estrutural da complexa cúpula curvada em facetas envidraçadas. No método, assume-se que toda a massa está concentrada nos nós estruturais e o sistema oscila em torno da posição de equilíbrio, sob a influência de cargas. (2)

Emergência

Em matemática, propriedades emergentes são aquelas propriedades topológicas globais do conjunto, em vez de propriedades das partes de cada componente. Em arquitetura, a emergência é pensada de forma semelhante, embora menos rigorosa, como ordem espontânea que aparece dentro de um sistema, o qual não se pode inferir necessariamente ou prever a partir dos componentes do sistema, mas de suas relações e interações. (2)

Laser cutting/Cortadora à laser

Uma cortadora à laser pode cortar através de um material ou gravar um padrão sobre a sua superfície usando um arquivo do tipo CAD. A técnica pode ser usada para esculpir uma variedade de materiais, incluindo plástico, têxteis, madeira, cartão e papel. (1)

L-Systems (sistemas de Lindenmayer)

L-systems foram assim nomeados após o biólogo e botânico Aristid Lindenmayer (1912-89), que estudou os padrões de crescimento de organismos multicelulares, incluindo algas e bactérias, desenvolver L-systems como uma descrição formal de seu desenvolvimento. Mais tarde, foi estendido para as plantas superiores e estruturas ramificações complexas. Utilizando uma progressão a partir da sequência de Fibonacci, L-systems seguem regras recursivas e resultam em formas fractais, como que exibindo auto-similaridade. Têm sido aplicados na geração de vida artificial. (2)

Lógica Booleana

Este tipo de Álgebra sustenta programações computacionais, códigos de máquina, linguagens de montagem e operações, diferenciando-se da álgebra elementar usada mais comumente, por lidar especificamente com os valores 0 e 1. (1)

Meshes/ malhas

As malhas proporcionam um método para a geração de uma geometria complexa e são tipicamente poligonais ou poliédricas. Em ambos os tipos, a malhas se aproximam de um domínio geométrico através do arranjo de vértices, fios, e faces que se combinam para definir a forma do objeto desejado. (1)

Morfogênese

O desenvolvimento evolutivo da forma em um Organismo, ou parte dela, é conhecido como morfogênese (gênese da forma). Ao compreender que os organismos vivos podem ser vistos como sistemas dinâmicos, crescimentos biológicos e transformações evolutivas também podem ser simulados no âmbito dos processos digitais de projeto. (1)

NURBS (Non-Uniform Rational Basis Spline)

NURBS é um modelo matemático utilizado na criação digital para gerar e representar curvas e superfícies. Este tipo de curva fornece tanto flexibilidade como precisão para se lidar de modo analítico com as formas. (2)

Prototipagem rápida

Máquinas de prototipagem rápida "imprimem" em três dimensões, um arquivo CAD. O objeto é construído camada por camada (adição), cada nova camada é colada ou derretida na anterior. A prototipagem rápida pode ser realizada em uma variedade de materiais diferentes, como por exemplo, poliamida ou nylon, gesso, resina, liga de bronze, aço, aço inoxidável ou cromo cobalto. (1)

Recursão

Um dos conceitos mais importantes em complexidade é a recursão, um método de definição de funções em que a função a ser definida é aplicada dentro de sua própria definição. Dentro de um procedimento recursivo, um dos passos é executar a todo o processo mais uma vez; outra forma de dizer isto é que a saída da aplicação da função, torna-se a entrada da iteração seguinte. (2)

Scanner 3D

Um scanner 3D grava digitalmente as propriedades tridimensionais de um objeto para criar um arquivo CAD, assim o objeto digital pode ser manipulado ou recriado. (1)

Grafos

Na matemática, trata-se do estudo de grafos para representar as relações entre certos objetos, que são representados como uma coleção de vértices, ou nós, e uma coleção de arestas que conectam pares de nós. Os grafos podem ser não-dirigidos, e neste caso não é feita nenhuma distinção entre os dois nós ligados pela borda, ou as arestas podem ser controladas a partir de um nó para outro. A qualidade essencial a ser representada é a conexão. (2)

Transformações topológicas

As transformações de um objeto para outro, sem corte ou emenda, mantém sua identidade topológica. O objeto pode ser esticado ou deformado, porque as distâncias e volumes não são de suma importância na transformação topológica. (2)

Voronoi (diagrama de Voronoi)

O diagrama de Voronoi, foi assim batizado em homenagem ao matemático Georgy Voronoi (1868-1908). Na sua forma mais simples, um diagrama de Voronoi, é a divisão de um espaço para as células vizinhas adjacentes. As células dizem respeito a um conjunto de pontos (loais Voronoi) nesse espaço. (2)

Fontes:

- (1) DUNN, Nick. *Digital Fabrication in Architecture*. London: Laurence King, 2012.
- (2) BURRY, J. ; BURRY, M. *The New Mathematics of Architecture*. London: Thames & Hudson, 2012.