arquiteturas contínuas e topologia: similaridades em processo

David Moreno Sperling

sperling@sc.usp.br

Orientador

Prof. Assoc. Washington Luiz Marar

(ICMC-USP)

walmarar@icmc.usp.br

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia do Ambiente Construído do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo . Maio de 2003

**Ficha catalográfica preparada pela seção de Tratamento da Informação
do Serviço de Biblioteca - EESC/USP**

S749a Sperling, David Moreno
Arquiteturas contínuas e topologia: similaridades em
processo / David Moreno Sperling. -- São Carlos, 2003.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São
Carlos-Universidade de São Paulo, 2003.

Área: Tecnologia do Ambiente Construído.

Orientador: Prof. Assoc. Washington Luiz Marar.

1. Arquitetura Contemporânea. 2. Topologia.
3. Diagramas. 4. Processo Projetual. I. Título.

“Quem somos nós para falar de consequências, se da fila interminável delas que incessantemente vêm caminhando na nossa direcção apenas podemos ver a primeira, Significa isso que algo pode acontecer ainda, Algo, não, tudo, ... Só porque vivemos absortos é que não reparamos que o que vai nos acontecendo deixa intacto, em cada momento, o que nos pode acontecer, Quer isso dizer que o que pode acontecer se vai regenerando constantemente, Não só se regenera como se multiplica, basta que comparemos dois dias seguidos...” José Saramago, em Todos os Nomes, p.48.

aos **meus pais**,

que modelam massas e
nutrem pensamento largo

agradecimentos

ao **Ton**, orientador e amigo, por sua coragem e disponibilidade em orientar um trabalho *entre*; por sua generosidade no ensinar e no conviver; pelas orientações matemática e arquitetonicamente realizadas nesses três anos de trabalho,

ao professor **Manoel**, por sua indispensável contribuição nos primeiros encaminhamentos desta pesquisa,

ao professor **Azael**, por sua constante disponibilidade para interlocução,

aos professores **Heverson**, **Fábio**, **Joubert** e **Marcio** por seu apoio em momentos decisivos,

à **Alberto Elres** (atualmente no CalTech/NASA), pela abertura à pesquisa junto ao Laboratório de Desenvolvimento de Produto do Centro de Pesquisas Renato Archer (CenPRA – Ministério da Ciência e Tecnologia), Campinas-SP,

à **Jorge Lopes da Silva**, **Carlos Saurá** e **Richard Gallo** (CenPRA) por sua abertura e seu interesse no desenvolvimento de pesquisa conjunta,

aos funcionários do SAP (**João**, **Sérgio**, **Fátima**, **Marcelo**, **Lucinda**, **Paulo Borges**, **Paulo Ceneviva**, **Alexandre**...), por sua presteza no decorrer desta,

aos **amigos professores** do curso de Arquitetura e Urbanismo da **PUC-Poços** de Caldas/MG, pelos momentos de crescimento,

aos **alunos** que tive, nestes anos, na **Unifenas**, na **PUC-Poços** e na **USP-São Carlos** - para onde retorno como professor - pelo contato sempre instigante,

aos amigos **Luciano**, **Katina**, **Roberto** e **Alessandra**, por seu apoio,

aos amados **Adolfo**, **Suely**, **Cristina** e **Priscila**, por sua expectativa e compreensão em momentos de “suspensão”,

e, em especial, à **Milena**, querida companheira, por seu encorajamento e suporte expressos nas pequenas atitudes cotidianas.

sumário

resumo/abstract #9

#0 introdução 0:11

#1 arquitetura e exterioridades 1:19

1.1 Um olhar sobre a arquitetura – distanciamento e aproximação :21

1.2 Arquitetura Ampliada – procedimentos históricos :24

1.3 Arquitetura e Topologia – procedimentos interdisciplinares contemporâneos :35

1.3.1 Forma e estrutura – a modelagem algébrica :37

1.3.2 Continuidade Espacial – a modelagem de superfícies :40

1.3.3 Continuidade Espacial – a teoria dos grafos :45

1.3.4 Arquitetura, concreta e virtual – as 3+n dimensões espaciais :54

1.3.5 Arquitetura, mutável e efêmera – o evento :62

1.3.6 Metarquitectura – o procedimento projetual por diagramas :68

1.4 Topologia Apropriada – uma leitura crítica de outras leituras :77

#2 diagrama topológico – construção de um conceito 2:93

2.1 Aproximações aos diagramas – conceituações preliminares :96

2.1.1 Aproximação pela Ciência Cognitiva :97

2.1.2 Aproximação pela Lógica – Semiótica :100

2.1.3 Aproximação pela Filosofia :109

2.1.4	Aproximação pela Lógica – Matemática	:111
2.2	O diagrama em Topologia	:119
2.2.1	Em Topologia de Redes – o grafo	:119
2.2.2	Em Topologia Geométrica – o diagrama topológico	:124
2.2.2.1	Uma (necessária) referência a conceitos da Topologia	:124
2.2.2.2	O diagrama e o processo, o diagrama como processo	:145

#3 diagrama – a arquitetura na (da) topologia/a topologia na (da) arquitetura 3:153

3.1	Características topológicas em espaços arquitetônicos – (des)conectividade como qualificação espacial fundamental	:155
3.2	Diagrama em arquitetura. O diagrama processual topológico em arquitetura	:165
3.2.1	Diagrama e Desenho	:176
3.2.2	Diagrama como narrativa arquitetônica – (re)construção de um processo	:180

#4 considerações finais 4:201

#5 referências 5:207

5.1	Iconografia	:209
5.2	Bibliografia	:224
5.3	Musicografia (trilha sonora do processo)	:229

resumo

A pesquisa investiga o atual momento em que a Topologia adquire uma posição especial dentro dos diálogos que a Arquitetura historicamente têm estabelecido com outras áreas do conhecimento. Aponta e sistematiza aproximações contemporâneas com a Topologia realizadas por arquitetos e desenvolve sua aproximação por meio da apresentação do conceito de diagrama processual topológico. Este conceito tripartite (diagrama, processo, topologia), é investigado em diferentes áreas como Ciência Cognitiva, Lógica (Matemática e Semiótica) e Filosofia, a fim de enriquecer a análise de sua atuação no campo da Topologia. Nesta análise, o diagrama processual topológico é delineado como um meio operativo-representacional de relações espaciais estruturais (a topologia do objeto) que possui três variáveis: pensamento, espaço e tempo. Finalmente, este conceito é levado ao campo do projeto e da representação em Arquitetura, construindo um diálogo crítico com o uso e a referência ao diagrama que fazem arquitetos contemporâneos paradigmáticos – Bernard Tschumi, Peter Eisenman, Greg Lynn, Rem Koolhaas, MVRDV, Ben van Berkel, Lars Spuybroek, dentre outros.

abstract

This research aims to analyse Topology's state of the art. Nowadays Topology is a key player in the dialogues that Architecture has historically established with other areas of knowledge. This work points out and systematizes contemporary approximations with Topology made by architects and develops their ideas by means of the concept of topologic processual diagram. This threefold concept (topology, process, diagram) is investigated in different areas such Cognitive Science, Logic (Mathematics and Semiotics) and Philosophy, in order to enrich the analyse of its actuation in the field of Topology. In this analysis, the topologic processual diagram is described as an operative-representational medium of spatial structural relations (the object's topology), with three variables: thought, space and time. Finally, this concept is investigated within the realm of the project and representation in Architecture, building up a critical dialogue with diagrams, its use and reference, as performed by paradigmatic contemporary architects - Bernard Tschumi, Peter Eisenman, Greg Lynn, Rem Koolhaas, MVRDV, Ben van Berkel, Lars Spuybroek and others.

fg0_01, fg0_02 – plano/superfície, homeomorfismo – prototipagem rápida. David Sperling

#0

introdução

introdução

Alguns temas freqüentes em reflexões pessoais deste pesquisador sobre o pensar e o fazer “arquitetônicos” são elementos indutores desta pesquisa e pano de fundo frente ao qual ela se apresenta e com ele pretende dialogar. São algumas chaves de leitura.

Elemento fundante da ação do arquiteto sobre qualquer realidade (i)material, o projeto é a primeira chave. Como ação propositiva, é transformadora de condições dadas, é resposta sintética a situações-questões analisadas. Como ação intencionada, tem a dimensão temporal de uma ação num presente que reflete (em) um futuro, o futuro projetado no presente, ação que antevê, prevê. Como ação qualificadora, insere o objeto projetado em toda a sua dimensão real, além de dotá-lo conscientemente de atributos que o distinguem como produção de conhecimento e, como tal, objeto de questionamentos, reflexões, classificações, fruições... Ao projeto está associada a criação, atividade instauradora de relações por meio de elementos disponíveis que são recompostos em instantes imaginativos, em processos de pensamento. Associações em processos de aproximação rumo ao intencionado, não como confirmação do antevisto, mas como desenvolvimento dinâmico de estruturas até uma relação estável, que não quer dizer imóvel e sim, estruturada. Os pensamentos e as criações são vários, para além dos criadores; só podem ser designados os projetos, os modos de projetar, no plural. Ações projetuais, processos de pensamento.

O desenho, segunda chave, em suas muitas acepções aparece como denominador comum. Sendo vários os modos de projetar e os modos de utilização de ferramentas para a ação, são em menor número essas ferramentas. O desenho condensa em si uma ação que reflete e uma reflexão agente; o desenhar físico e o desenhar mental sofrem uma inversão pela *mão que pensa e a cabeça que desenha*. O desenho, como sinônimo de pensamento, é sintético e transfere para o desenho desenhado esta condição, de filtro da realidade, de seleção por importância, de síntese do plano a construir. O desenho enquanto é desenhado vai participando ativamente dos processos tornando-se posteriormente seu registro, testemunha das associações, possível de ser lido e reconstituído ao pensamento do qual faz parte. Desenho como ação, desenho como reflexão.

A terceira chave é a reflexão da arquitetura como uma linguagem estruturada capaz de conter informações e manipulá-las: transportar, traduzir, associar. Além de testemunho

econômico, social, histórico e cultural, a arquitetura revela processos de pensamento, os quais a constituíram e formalizaram. A arquitetura enquanto área de atuação emite e reverbera conceitos presentes em sua contemporaneidade, assim como as outras linguagens e, articulando-se com elas, protagoniza reflexões interdisciplinares e a criação do novo. Pensamentos em pensamentos, arquiteturas em arquiteturas, pensamentos em arquiteturas, arquiteturas em pensamentos.

Quarta chave: continuidade x descontinuidade. Pertencente às qualificações arquitetônicas, esse binômio de opostos condensa em si a variada gama de relações espaciais propiciada por meio da arquitetura. Essa, considerada como o espaço construído, poderia ser reduzida a dois tipos de superfícies: superfícies por onde e superfícies contra, que promovem as relações de continuidade e descontinuidade. Destas têm-se público x privado, dentro x fora, opaco x transparente, aberto x fechado, horizontal x vertical. E da manipulação do binômio, suas gradações. A superfície é ativada para a qualificação espacial. Em outra face da disciplina, como pertencente aos processos de projeto e representação, o binômio continuidade x descontinuidade expressa tanto dados quantitativos como quantidade de informação x ruído de informação quanto qualitativos como desenho processual x desenho fragmentado. Em tempos de revolução digital e novos meios de representação, continuidade e descontinuidade apresentam-se como possibilidades na e para representação. (Des)continuidade.

A observação da contemporaneidade, mais especificamente no campo de atuação do arquiteto, vem se associar às chaves anteriores, incrementando o material para reflexão. De modo geral, é observada a intensificação de diálogos da arquitetura com outros campos de atuação humana, criando relações interdisciplinares, que promovem o intercâmbio de conceitos entre áreas diversas e, mais além, que intencionam criar possibilidades de reflexão e construção de conceitos transdisciplinares, que seriam a trans(in)ferência de conceitos situados acima de qualquer das disciplinas. Alguns são os campos com os quais observa-se a arquitetura promover diálogos: a Filosofia, as Ciências, a Telemática e a Topologia, os quais denominam-se aqui de *exterioridades* arquitetônicas. Frente a uma realidade contemporânea cada vez mais complexa, os diversos campos de atuação procuram responder com seus instrumentos de análise e proposição; respostas diversas a questões contemporâneas acabam por encontrar similaridades, como que reverberando conceitos que permeiam descobertas e teorizações em uma mesma época, num fluxo das particularidades das disciplinas para a construção de uma inteligência da humanidade.

O campo da atuação desta pesquisa parte daquele que se abre entre duas disciplinas, Arquitetura e Topologia. A pesquisa se propõe investigar a Topologia e a possibilidade da ocorrência de diálogos interdisciplinares com a Arquitetura, dentro de profundidades

e domínios controlados e acessíveis por um estrangeiro à disciplina, mas com o rigor científico necessário ao entendimento de suas estruturas de funcionamento. Tendo em vista ser uma pesquisa de arquitetura, realizada por um arquiteto, para a comunidade dos arquitetos - mesmo que orientado por um matemático - não como demarcação de sua restrição, mas como consciência de sua abrangência, o escopo do trabalho não é aquele necessário para lançar novas questões à Topologia e aos matemáticos. Talvez apenas o registro de um olhar estrangeiro à sua disciplina. Pretende quando muito lançar um olhar entre, que possibilite a instigação do diálogo da arquitetura com suas *exterioridades* e a abertura de seu campo de atuação a outros ares.

A Topologia, grosso modo, é uma geometria que não se ocupa de medidas e proporções; seus “objetos” podem ser imaginados como que construídos com materiais perfeitamente elásticos - podendo, como resultado determinar a similaridade entre formas geométricas consideradas distintas pela geometria euclidiana. Para o momento, pode-se considerá-la uma geometria operativa, isto é, ocupada com determinadas operações com entidades geométricas e propriedades invariantes independentes de sua forma. Relações espaciais específicas são manipuladas por meio de operações realizadas e registradas em representações também específicas, operações em que processo, produto e representação são interdependentes.

A Arquitetura é vasto campo de atuação, com difícil definição sintética do seu caráter ontológico. Procurando desviar de questões pouco produtivas como, por exemplo, o que é arquitetura e que normalmente demandam respostas genéricas ou generalizantes, a pesquisa procura considerá-la por meio das possibilidades de relações fenomenológicas entre ela e o homem e que se fazem em três instâncias: projeto, produção e prática do espaço pelo homem. Algo sobre o qual se age reciprocamente, e que, por meio da ação, se constrói o entendimento e a fruição.

Projeto, produção e prática. Ação projetual como momento de ação imaginativa, construção mental e discurso prévio sobre o espaço que tem embutido em si uma percepção da realidade e uma intenção construtiva indutiva de sua qualificação. Concepção que demanda representações mentais e físicas que tem como suporte o desenho como representação/reflexão de arquitetura. Produção do espaço como ação contínua de transformação da imaginação - construção virtual - em construção atual, que cria o suporte para a prática do espaço. Prática do espaço como interpretação/significação/percepção/uso por meio dos quais efetivamente é construído. Para o recorte da pesquisa duas dessas instâncias são constituintes do quadro de referência: o projeto e a prática do espaço.

Decorrente das chaves - projeto, desenho, linguagem, (des)continuidade – e de observações sobre parte da arquitetura contemporânea, além do olhar estrangeiro sobre a ação operativa do topólogo, o recorte construído diz respeito a processos de criação e representação, relações entre Topologia e Arquitetura quanto a inserção de novas geometrias e modos de apresentação/representação no processo de projeto e na concepção e leitura de espaços arquitetônicos. O objeto teórico pode então ser descrito como as similaridades existentes entre a Arquitetura e a Topologia e as contribuições da Topologia para a Arquitetura em duas atuações específicas, quais sejam: a ação projetual do arquiteto por meio do uso de diagramas processuais, como instrumentos de projeto e de leitura, representações na e para a concepção de espaços arquitetônicos e as similaridades com a ação projetual do geômetra por meio de diagramas processuais topológicos, representações das quais faz uso na concepção de superfícies topológicas. E, de modo, implícito, tendo o diagrama como instrumento de leitura, a utilização de algumas caracterizações espaciais topológicas (relações espaciais estruturais) na concepção e leitura de espaços arquitetônicos (estruturas espaciais relacionais) .

O entendimento da Topologia como uma *exterioridade* arquitetônica, possível de estar incrementando ações de projeto, representação e leitura de arquitetura, suscita o esboço de algumas questões. Em arquitetura, novos meios de projeto podem alterar a ação de projeto? Novos meios de projeto, alterando a ação de projeto, podem alterar concepções espaciais? Novos meios de leitura de projetos/espacos podem alterar as bases de interpretação/significação/percepção/uso desses espaços?

A prática de pesquisa é um processo de aproximações sucessivas e como tal segue trajeto de territórios mais largos até pontos específicos e recortados, algo que ocorre pela passagem por etapas subseqüentes que demandam o conhecimento de etapas anteriores aliado a um crescente amadurecimento no processo de investigação. Nesta pesquisa soma-se a essa estrutura linear afunilada, outra mais complexa. O movimento por aproximações realizado na pesquisa segue então duas estruturas de funcionamento, linearidade e simultaneidade, não como algo planejado e sim como uma metodologia que se constrói construindo o saber, que tem a particularidade da criação de pontes entre duas disciplinas distintas, onde o tatear muitas vezes se faz presente. O movimento de uma etapa designada como início até outra designada como término e o que ocorre dentro de cada etapa - de seu início ao seu fim - realiza-se em oscilação com outro que tece costuras entre todas as faces, não mais etapas da pesquisa. As etapas passam a ser as costuras realizadas entre suas faces. Sendo assim, no movimento linear, a pesquisa se apresenta agora em sua última conformação com seus três capítulos, três etapas subseqüentes, cada qual com sua metodologia específica e, no movimento simultâneo, três faces construídas de modo interdependente, costuradas cada qual com as outras duas em diversos percursos de idas e vindas.

O primeiro capítulo-etapa-face delineia o quadro de referência da pesquisa, sobre o qual se estrutura seu objeto propriamente dito. Em um primeiro momento, apresenta um breve lastro histórico de contatos interdisciplinares entre arquitetura e arte com as ciências, na medida em que aquelas se colocaram como produtoras de conhecimento e como ciência aplicada e que compuseram o que aqui se chamou de uma “modernidade ampliada”. Num segundo momento, foca procedimentos interdisciplinares contemporâneos de arquitetos em direção à Topologia, agrupando-os segundo seis temáticas recorrentes – sendo a sexta, até certo ponto, denominador comum das outras cinco. Conforma um panorama das principais aproximações Arquitetura-Topologia e os seus possíveis pontos de contato – material não encontrado na literatura especializada internacional durante o período desta pesquisa, entre os anos de 2000-03. Por fim, num terceiro momento, tece leitura crítica a respeito de algumas incorporações da Topologia na prática e na crítica da arquitetura contemporânea, a partir do embasamento conceitual da Topologia, apresentado no capítulo seguinte.

O segundo capítulo-etapa-face se desenvolve sobre o objeto da pesquisa já prenunciado e previamente introduzido no primeiro capítulo: o diagrama processual topológico. Para a construção de uma compreensão adequada de seu todo e suas partições - “diagrama”, “processo”, “topológico” - a pesquisa percorre, quanto à porção “diagrama”, os campos da Ciência Cognitiva e da Lógica, tanto Matemática quanto Semiótica e, como definição de recorte e controle de abrangência, faz apenas menção à ocorrência do diagrama na Filosofia contemporânea. E finalmente adentra à Topologia, em duas áreas correlatas: Topologia de Redes e Topologia Geométrica – na qual se encontra a especificidade de seu objeto: a porção “processual topológica”. Ao adentrar na Topologia, apresenta, de início, de forma sistematizada e intuitiva, as principais terminologias, procedimentos projetuais e caracterizações espaciais topológicas, permitindo ao leitor ter acesso a conceitos - não raro mitificados em Arquitetura Contemporânea - que mapeiam o contexto para o desenvolvimento do objeto específico.

O terceiro capítulo-etapa-face desenvolve seu percurso pelas principais referências do uso de diagramas em arquitetura, após o que, diferencia diagrama de desenho, diferencia o uso do diagrama geométrico do topológico em arquitetura e apresenta o diagrama como narrativa arquitetônica de (re)construção de um processo de projeto.

#1

arquitetura e exterioridades

fig1 - Atrator de Lorenz - Edward Norton Lorenz

arquitetura e exterioridades

“O que ocorreria se o geômetra estivesse possuído por uma afinidade pelo heterogêneo?”

Se sua curiosidade alcançasse os tamanhos contínuos precisamente porque são incomensuráveis, porque sua superposição é impossível e não são independentes de sua posição?

Então é quando surge, a partir da Análisis Situs, da topologia, uma máquina geométrica funcionando em revés, não para fazer o mensurável, mas para fazer o incomensurável.”

Jean-Francois Lyotard [LYOTARD, 1990, apud CASTRO, 1999: p.08]¹

Este trabalho de pesquisa sobre possíveis inter-relações e similaridades entre Arquitetura e Topologia coloca-se duplamente como investigador de diálogos do campo arquitetônico com outra área do conhecimento e como participante de um contexto histórico, que se acentua na contemporaneidade, de aproximação entre disciplinas, primordialmente das ciências humanas em direção às ditas “novas ciências” exatas e biológicas.

A incorporação de conceitos e paradigmas externos à disciplina arquitetônica acaba por, de algum modo, contribuir para “novas” percepções/criações/interpretações do objeto arquitetônico e certas reorientações da disciplina. Tentativas de reavaliação de paradigmas da disciplina como, por exemplo, o equilíbrio estático do objeto e de suas representações, pela incorporação do movimento no objeto e em seu processo de criação, têm levado a recentes investidas de arquitetos no campo da Topologia. Fato que será contextualizado neste capítulo tanto como participante de um contexto histórico e contemporâneo de relações da arquitetura com *exterioridades* em busca de novos paradigmas, quanto como participante de processos formadores de uma historiografia.

1.1 um olhar sobre a arquitetura – distanciamento e aproximação

Considerar as arquiteturas moderna e contemporânea e os processos de passagem de uma a outra, como movimentos lineares e estanques, acontecimentos, teorias e obras, *causa e consequência*, *antes e depois*, corresponde à construção de uma historiografia que lima coexistências e simultaneidades, composta por elementos que se sucedem sequencialmente e se opõem, um o negativo do outro. Movimentos que não se misturam, teorias que não se complementam. Algo que, na realidade, se mostra com maior complexidade e demanda maior aguçamento.

¹ “Que ocurriría si el geómetra estuviera poseído por una afinidad hacia lo heterogéneo? Si su curiosidad alcanzara los tamaños continuos precisamente porque son incomensurables, porque su superposición es imposible y no son independientes de su posición? Entonces es cuando surge, a partir del Análisis Situs, de la topología, una máquina geométrica funcionando al revés, no para hacer lo mensurable sino para hacer lo incommensurable.” [LYOTARD, 1990, apud CASTRO, 1999: p.08]

Também demanda maior profundidade, em tempos de crescente inserção dos meios telemáticos em várias esferas da existência e de maior aproximação entre as áreas do conhecimento, borrando limites², a utilização por parte da Arquitetura, de conceitos advindos de outros campos do conhecimento - como as ciências, por exemplo - sem uma criteriosa pesquisa destes conceitos em seu terreno de significância original e uma ponderação crítica de sua sustentabilidade quando da construção de relações com seu campo.

Para a construção de um enfoque ciente de que a historiografia da arquitetura se constrói, não por oposição, mas por acumulação e associação e de que a produção, inserida em um contexto mais amplo, vincula-se de alguma forma às outras manifestações humanas de seu tempo, faz-se necessário um movimento de leitura em duas vias: distanciamento e aproximação. Distanciamento para a apreensão de um panorama arquitetônico que não se constrói-construiu por opostos estanques, mas pela co-presença em maior ou menor grau de

diferentes correntes e teorias. Aproximação para o (re)estudo dos conceitos emprestados de outros campos - no caso desta pesquisa, o estudo da Topologia - para que a produção arquitetônica, baseada em conceitos interdisciplinares, se invista de uma interdisciplinaridade real.

Em direção a esse movimento simultâneo de distanciamento e aproximação, ganha relevância para este estudo o processo pelo qual surgem as interpretações pré-canônicas e como são construídas as significações canônicas das obras arquitetônicas. Silvia Arango [ARANGO, 1989: p. 123], ao discutir as relações entre centro e periferia, isto é, entre produtores e consumidores de cultura, chama a atenção para a construção de uma historiografia de arestas aparadas, em que a diversidade e o aprofundamento conceitual cedem lugar ao discurso lapidado e menos denso que se beneficia de livre veiculação:

“Está claro que as influências vinham normalmente do ‘centro’, e ademais chegavam decantadas, diminuídas em suas potencialidades intelectuais e desprovidas do traço polêmico que as havia gerado. Em outras palavras, vinham como tópicos rodeados de uma aura de indiscutível respeitabilidade. O que se percebia era habitualmente o substrato geral comum, raramente as diferenças. Ante o peso de uma Cultura assim entendida, ninguém se lançava na aventura de tentar criar corpos teóricos próprios e independentes.”

² «O futuro da arquitetura não é mais arquitetural». Este mote de Jean Nouvel, um dentre vários arquitetos contemporâneos que destacam certo hibridismo contemporâneo, enfatiza seu entendimento da arquitetura como a consolidação, através de um jogo metafórico, de atmosferas cenográficas construídas por deslocamentos de conceitos das artes, da fotografia, do cinema, da ficção científica, da literatura, das comunicações. Ver Revista El Croquis, n.69, 1994, Barcelona.

Para Juan Pablo Bonta as interpretações pré-canônicas são as mais criativas, já que o intérprete estaria livre de pré-conceitos, à procura de uma interpretação que aparece como um desafio à sua intuição, à sua imaginação e à sua sensibilidade. Já uma interpretação canônica torna-se consequência de um consenso social:

“...é o resultado acumulativo de muitas respostas prévias, destiladas por repetição e reduzidas a seus pontos essenciais. A formação de um cânone se descreve, portanto, não como um processo de crescimento, mas como um processo de filtração. Desta perspectiva, o que é necessário explicar não é como certas respostas pré-canônicas chegaram a incluir-se na interpretação canônica, mas por que algumas foram abandonadas.” [BONTA, 1977: p.162]³

Se as interpretações pré-canônicas têm a qualidade da vanguarda e, por isso mesmo, correm um maior risco de incorreções e superficialidade, o cânone, representando o conhecimento acumulado poderia tender à generalização:

“...uma das forças que governa o processo de filtração de respostas é a necessidade de limar aspectos contraditórios entre as diversas apreciações iniciais. Na etapa das respostas pré-canônicas pode coexistir uma variedade de enfoques conflitivos. A interpretação canônica surge à medida que uma quantidade de respostas desconexas vai se acomodando gradualmente até dar lugar a uma imagem consistente.” [BONTA, 1977: p.162]⁴

Em meio à diversidade de manifestações inerentes a um período de intensas transformações, a produção arquitetônica do séc. XX moveu-se a participar da constituição-construção da Modernidade que se expressaria, nos vários campos da produção e reflexão humanas. Diversidade que agrega alguns casos que antecipariam paradigmas de parte da produção arquitetônica e artística contemporânea de vanguarda, realizando não a superação da Arquitetura Moderna, mas o que seria uma Arquitetura Moderna ampliada.

³ *“...es el resultado acumulativo de muchas respuestas previas, destiladas por repetición y reducidas a sus puntos esenciales. La formación de un canon há de describirse, por lo tanto, no como un proceso de crecimiento, sino como un proceso de filtración. Desde esta perspectiva, lo que necesita explicarse no es cómo ciertas respuestas precanónicas llegaron a incluirse en la interpretación canónica, sino porqué algunas fueron abandonadas.”* [BONTA, 1977: p.162]

⁴ *«Una de las fuerzas que gobiernan el proceso de filtración de respuestas es la necesidad de limar aspectos contradictorios entre las diversas apreciaciones iniciales. En la etapa de las respuestas precanónicas pueden coexistir una variedad de enfoques conflictivos. La interpretación canónica surge a medida que una cantidad de repuestas inconexas se van acomodando gradualmente hasta dar lugar a una imagen consistente.»* [BONTA, 1977: p.162]

1.2 arquitetura ampliada – procedimentos históricos

Está presente no conceito de Modernidade - à qual estão vinculados os diversos entendimentos sobre a Arquitetura Moderna - a noção de crise que, em suas diversas constituições, atinge o ser humano e a cidade, e a necessidade de sua superação por meio da razão que, no caso, também se efetiva em outras manifestações humanas, nas ciências e pela tecnologia. Essa ação de superação, que ainda se faz necessária, é um dos motos da contínua investigação do “estado da arte” nos mais variados campos de conhecimento em que se expressa a razão humana. Se o vínculo com a razão permanece, alteram-se os pontos de contato.

Parece corresponder à incorporação pelas ciências de novas descobertas que colocam em xeque as próprias metodologias científicas, um movimento análogo na arquitetura: a ampliação da chamada Arquitetura Moderna, que se daria pela incorporação desse pensamento racional alterado pelas inovações do presente. Por essa ótica não haveria a superação do moderno, mas sua ampliação, ampliação dos meios disponíveis para a sua constituição. Para Luis Rojo de Castro, na arquitetura contemporânea,

“cada objeto, cada ato, aspira definir um território no qual controla as variáveis de seu entorno, devendo cada um ser acompanhado das normas que ordenam o jogo. O espaço se estabelece para cada ato, para cada performance...(e) cada obra é um começo do zero e traz consigo o texto de suas próprias regras.” [CASTRO, 1999: p.04]⁵

fg12_01 – sequência DNA

A arquitetura contemporânea, não só para suprir a defasagem em que se encontra em relação a outras áreas de produção, mas para se efetivar como ciência aplicada, tem cada vez mais se inserido em campos multidisciplinares lançando mão de conceitos e tecnologias das ciências. O contato com as inovações científicas da Física, Química, Biologia e Matemática tem recebido maior espaço junto à Arquitetura pelo fato da ciência atual estar validando uma conceituação mais complexa da realidade, ao apresentar na bagagem entre outros, a Física Quântica, a Teoria do Caos, os fractais e a Topologia, em oposição aos esquemas lineares causais com os quais a objetividade científica revolucionou o conhecimento [CASTRO, 1999: p.04]

⁵ «Cada objeto, cada acto, aspira a definir un territorio en el cual controla las variables de su entorno, debiendo acompañarse cada uno de ellos de las normas que ordenan el juego. El espacio se pauta para cada acto, para cada performance. Quizá sea ésta la consecuencia más radical de la actividad de las vanguardias: el punto de partir del cual cada obra producida es un comienzo de cero y se acompañá de la escritura de sus propias reglas.» [CASTRO, 1999: p.04]

Já em 1915, o filósofo Henri Bergson⁶ e, em 1925, o matemático e filósofo Alfred North Whitehead⁷ pediam atenção ao fato das ciências biológicas - química, física e biologia - e as ciências exatas estarem dando conta de conceituações mais complexas da realidade que, depois de muito tempo embasadas em sistemas mecânicos de apreensão e tradução, estavam investindo no desvendamento de combinações orgânicas presentes no universo. Como modelos teóricos, a um universo estático e determinístico, imerso em um espaço-tempo absoluto e linear, composto por objetos inertes com localizações específicas neste mesmo espaço-tempo, onde não há interação entre seres observados e observadores, contrapõe-se um universo dinâmico e envolvente, composto por vários espaços-tempos não-lineares e multidimensionais, constituído por objetos sem localizações fixas e que mantém intensa participação e criação entre objeto e observador [HO, 1997: p. 44-51].

⁶ Henry Bergson (Paris, 1859 - 1941), filósofo francês, recebeu o prêmio Nobel de Literatura em 1927. É considerado um dos grandes pensadores que alteraram o ponto de vista mecanicista da existência. Seus escritos tinham em comum o desenvolvimento de sua tese de que a intuição é mais profunda que o intelecto; em *Matter and Memory* (1896) e *Creative Evolution* (1907) tentou integrar as descobertas em ciências biológicas com a teoria da consciência. Seu livro *Duration and Simultaneity* (1922) exerceu forte influência em A. N. Whitehead e Henri Poincaré (importante topólogo citado mais adiante neste trabalho). Para maiores detalhes ver URL: www.kirjasto.sci.fi/bergson.htm e URL: www.personal5.iddeo.es/jorcor/bergson.htm

⁷ Alfred North Whitehead (Isle of Thanet, Kent, Inglaterra, 1861 - Cambridge, Massachusetts, USA, 1947), matemático e filósofo, é conhecido principalmente como co-autor de Bertrand Russell em *Principia Mathematica*, importante obra de filosofia da matemática. Sua obra marcada por uma significativa continuidade que perpassa seu pensamento pode ser dividida em três partes. A primeira, seu período como professor em Cambridge (1884-1910) em que trabalhou primordialmente em lógica e matemática; a segunda, que contempla o período que permaneceu em Londres (1910-1924) e se dedicou à filosofia da ciência; e a terceira já como professor em Harvard a partir de 1924 (onde permanece até 1937), em que trabalha no campo da filosofia e desenvolve um sistema metafísico compreensível que veio a ser conhecido como filosofia processual (process philosophy). Em seu estudo *The Principle of Relativity* (1922), Whitehead apresenta uma alternativa às proposições de Einstein. Com *Science and the Modern World* (1925), uma série de conferências, introduz seus estudos metafísicos e com *Process and Reality* (1929), considerada sua obra-prima, apresenta o conceito de substância como categoria metafísica básica e introduz a noção de ocasião atual (actual occasion) que não é uma substância permanente (enduring substance), mas um processo de constituição (process of becoming). Assim também, considera que os objetos não são simples locações espaciais, mas campos que têm extensões temporais e espaciais, propondo que cada objeto deve ser entendido como uma série de eventos e processos; e o processo e a substância como fundamentos metafísicos do mundo. Para maiores detalhes ver URL: <http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Whitehead.html>

Anteriormente, as classificações eram aceitas pela determinação científica como ferramentas fundamentais para o conhecimento e análise - os classificadores introduziam a ordem por meio da comparação de estruturas visíveis, estabelecendo relações entre seres homogêneos, propondo como consequência um quadro geral em que todos os elementos conhecidos ou não, se encaixariam. Em sintonia com as transformações nas ciências, algumas figuras paradigmáticas das humanidades, Marcel Duchamp, entre os artistas, e Jorge Luis Borges, Roland Barthes e Jean-Francois Lyotard, em meio aos pensadores, para citar alguns, têm colocado em xeque, há algum tempo, em suas reflexões sobre o pensamento, qualquer validade dos sistemas classificatórios ou critérios de certeza.

A coexistência de Movimentos Modernos diversos em Arquitetura, se evidencia ao se observar arquitetos-obras-teorias pouco considerados pela historiografia oficial ou pelo que se entende freqüentemente como “o Movimento Moderno”, que pelo seu número configuram um quadro significativo de realizações modernas que antecipariam alguns discursos e proposições atuais. Construir um panorama de arquitetos relevantes únicos em

suas manifestações, excluídos de correntes hegemônicas e aqueles que, vinculados a correntes, produziram algumas obras díspares e ainda, arriscar aproximá-los dos traços contemporâneos que prefiguraram, sem traçar um perfil parcial, é tarefa de monta e que não cabe a este trabalho. O que segue é apenas um breve selecionado, construído por meio de referências pessoais, que, neste momento, pode se mostrar útil para demonstrar aquela diversidade.

fg12_02 - Iteração de uma mesma forma geométrica/perfil de Manhattan

fg12_03 - Ligações termodinâmicas em Sólidos-Mecânica de Fraturas, Caos, Sistema de funções iterativas não-lineares, Fractal

fg12_04 - Sistemas dinâmicos de altas dimensões

Grosso modo, o interesse se volta para a percepção de um fazer e um objeto arquitetônico que se investe, quer seja teórica, intuitiva ou empiricamente como suporte de conhecimentos interdisciplinares e dessa maneira, expressam formal, funcional ou estruturalmente tais conceitos. Um procedimento que já podia ser encontrado em manifestações germinais do Movimento Moderno e que hoje é impulsionado pela rapidez das transformações por que passam a ciência, a tecnologia e os meios de comunicação – e para citar alguma das mais próximas da arquitetura, a diversidade de interfaces entre a sua área e a telemática.

Giulio Carlo Argan, citando a construção do Palácio de Cristal e da Torre Eiffel em seu livro *A Arte Moderna*, relata a ocorrência, no século XIX, de uma distinção de interesses entre a arquitetura praticada pelos arquitetos e a dos engenheiros. Em sintonia com os avanços científico-tecnológicos, os engenheiros realizavam uma arquitetura preocupada com o que era estrutural e tecnicamente funcional, contrapondo a uma arquitetura “dos estilos”, conservadora, decorativa e alienada dos arquitetos:

“Existiam dois níveis muito distintos: o útil e o decorativo. Para a mentalidade da burguesia, o banco devia ter a aparência externa de um palácio renascentista, e a casa de campo a de um castelo feudal. Essa hipocrisia encontra sua condenação junto aos construtores com formação científica séria. Se a arte é ecletismo dos ‘estilos’, a arquitetura renunciará a ser arte, será engenharia. Não existem dois níveis, o artístico e o utilitário: existe apenas a função, ao mesmo tempo da estrutura do edifício e de sua razão de ser no espaço urbano.” [ARGAN, 1992: p.90]

fg12_05 - Organização em uma gota de leite. Darcy Thompson - *On Growth and Form*, 1917

fg12_06 - Galeria das Máquinas, Paris. 1998. Victor Constantin e Fernidand Dutert

⁸ VENTURI, Robert. *Complexidade e Contradição em Arquitetura*. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

Um paralelo parece ser possível, passados quase dois séculos. Frente a um número significativo de arquitetos que a partir da década de 1960 professava a Complexidade e Contradição em Arquitetura⁸, uma parcela significativa da produção contemporânea procura aliar-se ao estado da arte na filosofia e nas ciências de base: matemática, física e química; uma arquitetura que estabelece sua teoria e prática sobre o conhecimento. Algo que não é fato exclusivo dos tempos atuais, mas que, como já frisado, recebeu grande influência do significativo desenvolvimento dessas áreas e da facilidade ao acesso às informações decorrente da multiplicação dos meios de comunicação e informação.

Cabe retroceder novamente com Argan, agora ao séc. XVIII, quando os dois grandes teóricos da arquitetura neoclássica Boullée e Ledoux afrontam o formalismo estilístico do Rococó, projetando edifícios em forma de esfera: a Casa dos Guardas Campestres e o Cenotáfio de Newton. Para Argan, seu procedimento seguiria o princípio tipológico:

“a busca de conteúdos inerentes à forma do edifício como coisa em si, cuja função específica se insere num sistema de valores: a natureza, a razão, a sociedade, a lei. A cidade não é mais o cenário do drama da vida... Boullée e Ledoux não projetam mais através de plantas e seções (sempre relativas a uma representação do espaço), e sim por entidades volumétricas, individuando nos sólidos geométricos a síntese entre idéia e coisa, isto é, a forma típica por excelência. O tipo não é um modelo, mas um esquema que traz em si a possibilidade de variantes segundo as necessidades contingentes” [ARGAN, 1992: p.37]

A arquitetura de Boullée e Ledoux parte da essencialidade matemática para alcançar a coisa arquitetônica em si; o sólido geométrico, integral, não traz consigo nenhuma significação adjacente, além de suas relações geométricas internas que o qualificam a espacializar as necessidades de cada caso. E a esse objeto arquitetônico concebido em totalidade, corresponde um processo projetual que não faz uso de projeções bidimensionais, mas de entidades volumétricas. Sem desejar avançar sobre as questões centrais deste trabalho, pode-se considerar certas proximidades entre o procedimento projetual relatado por Argan e alguns encontrados em manifestações arquitetônicas que se vinculam à Topologia: se para Boullée e Ledoux o tipo era, nesse caso a esfera, que trazia em si a possibilidade de variação de acordo com as necessidades do projeto, para a “arquitetura topológica” o plano-superfície é o tipo-esquema a partir do qual serão moldados os mais variados objetos a partir de um processo projetual que procura não fazer uso de plantas e cortes, mas modelar planos elásticos que configuram, por meio de uma entidade bidimensional - como a superfície da esfera -, a tridimensionalidade da obra, possibilitando o abrigo de multifunções. Isso fica evidente em comentário do arquiteto holandês Rem Koolhaas sobre seu projeto de intervenção urbana na Baía de Yokohama, desenvolvido no final do século XX:

fg12_07 - Projeto para
Cenotáfio de Newton.
1780. Étienne-Louis
Boullée

fg12_08 - Casa dos
Guardas Campestres em
Maupertuis. 1780. Claude-
Nicolas Ledoux

“Nós pensamos que podemos ajustar o estacionamento - criar um simples plano deformado que pode ser às vezes rodovia, às vezes rampa, às vezes estacionamento, e às vezes cobertura e que pode acomodar infinitos programas que nós desejamos inserir em uma prática amorfa e informal”
[KOOLHAAS, MAU, 1997: p.1223] ⁹

Erich Mendelsohn, em 1920, parecia fazer uso dessas superfícies-tipo maleáveis e moldáveis quando do projeto de sua Torre Einstein construída em Postdam. Uma obra que descende de seus estudos expressionistas sobre a “arquitetura das dunas”: formas fluidas e cambiantes constantemente refeitas pelo vento. Para Argan, Mendelsohn,

⁹ *“We thought we could adjust the parking lot – create a single warped plane would be sometimes highway, sometimes ramp, sometimes parking, and sometimes roof and that could accommodate the endless programs that would insert in an amorphous and informal manner.”*
[KOOLHAAS, MAU, 1997: p.1223]

fg12_09 - Arquitetura das dunas. Erich Mendelsohn

fg12_10 - Torre Einstein, Potsdam. 1919-23. Erich Mendelsohn

«... a partir da função, modelou o bloco da alvenaria exatamente como um escultor; a partir do gesto da figura, modela as massas plásticas... O edifício já não é concebido como uma combinação de planos, e sim como um bloco unitário plasmado e escavado.» [ARGAN, 1992: p.246-247]

Dentro da matriz da Arquitetura Moderna, Le Corbusier, segundo Argan, daria uma guinada em sua obra, quando em 1950 projeta a Capela de *Nôtre-Dame-du-Haut*, em Rochamp,

“tornando o edifício um núcleo plástico duro e compacto, pleno de força expansiva contida que, no entanto, revela-se na anomalia geométrica da planta, na saída brusca de esporões edificadas, no volume em forma de barco da cobertura exageradamente grande, na força dos contrastes de luz.” [ARGAN, 1992: p.387-388]

Oito anos mais tarde, com Edgar Varèse¹⁰ e o músico Yannis Xenakis¹¹ Le Corbusier projetaria e construiria um edifício surpreendente, mas pouco citado: o *Poeme Eletronique*, pavilhão da Phillips para a Exposição Internacional de 1958. Uma obra centrada na interdisciplinaridade, integrando Arquitetura, Matemática, Música e Tecnologia; formalmente o edifício era composto por duas superfícies, dentre elas um parabolóide hiperbólico e, internamente, por uma exposição dinâmica de imagens e sons. Em estudo sobre a forma, o arquiteto e pesquisador português Victor Consiglieri

¹⁰ Varese, Edgar (1883-1965), compositor naturalizado americano, nascido na França, é considerado um dos pioneiros da música eletrônica, com um estilo baseado em complexos princípios teóricos e sonoros que quebravam a distinção entre música e ruído, dissonância e consonância. Estudou ciências e matemática, apresentando como títulos de suas obras, alguns termos dessa última: *Hyperprism* (1923), *Octandre* (1923) e *Intégrales* (1925). Foi amigo de, entre outros, Villa-Lobos, Duchamp, Picasso e Erik Satie. A convite de Le Corbusier, participou do Pavilhão Phillips compondo a obra sonora-visual *Poeme Electronique*, desenvolvida nos Laboratórios Phillips de Eindhoven, com assessoria de engenheiros e técnicos da empresa. *Poeme Electronique*, composição de 480 segundos, foi tocada por 450 alto-falantes com projeção simultânea de fotografias, pinturas, montagens e textos expondo mitologia, ciência, notícias, arte e cultura popular em uma espécie de evento multimídia.

¹¹ Yannis Xenakis (1922-2001), músico grego, naturalizado francês, deu origem ao chamado estilo de composição “estocástico”, que fazia uso de seqüências randômicas de notas segundo probabilidades matemáticas, tendo entre outros critérios a ocorrência de notas anteriores. Com o computador, ele também fez uso desse sistema para determinar a duração, a velocidade e a intensidade de suas composições. Estudou engenharia na Politécnica de Atenas e trabalhou no escritório de Le Corbusier de 1947 a 1959, tendo colaborado em diversas obras. É possível encontrar textos que defendem ser Xenakis o grande autor do Pavilhão Phillips, sendo que Le Corbusier teria apenas se concentrado em questões pontuais. (Ver: <http://www.lib.umd.edu/ARCH/honr219f/1958brus.html>) É interessante notar que, no período de projeto da Catedral de Ronchamp - obra considerada por muitos historiadores como aquela que marca a reviravolta na trajetória de Le Corbusier e que tem proximidades formais com o Pavilhão - Xenakis já era colaborador do escritório. Se houve sua participação no projeto é informação de difícil acesso, mas que merece investigação.

[CONSIGLIERI, 1995: P.320-21] considera que com o Pavilhão, Le Corbusier passa da poética do ângulo reto para a poética eletrônica que, para ele, seria um conjunto de investigações matemáticas e de pensamentos científicos como determinantes da imagem e da linguagem artística, às quais se agrega a intuição sensorial, o que torna o edifício resultado, mais do que de uma expressão espontânea, de uma expressão de estudo racional e de determinação matemática.

fg12_11 – Capela de Capela de Nôtre-Dame-du-Haut, Ronchamp. 1950-53. Le Corbusier.

fg12_12, fg12_13 - desenhos e vista do Pavilhão Philips Exposição Universal . 1957 . Bruxelas. Le Corbusier

Na mesma época, em 1959, o artista-arquiteto romeno-americano Frederick Kiesler projetaria sua *Endless House* - casa sem fim. Marcada pelo contraste entre sua grande inventividade arquitetônica e a dificuldade com que foi construída, sua obra tem recebido atualmente alguns reestudos devidos ao interesse causado pela espacialidade de seus edifícios e uma possível aproximação com a arquitetura contemporânea vinculada à Topologia. Sua obra projetada e representada com poucos recursos técnicos e materiais¹², frente às técnicas informáticas de projeto e modelação atuais, apresenta um alto grau de complexidade espacial. O arquiteto holandês Ben van Berkel, interessado na aproximação da arquitetura aos campos da ciência, ao comentar a obra de Kiesler, diz:

¹² a maquete da *Endless House*, por exemplo, foi produzida com uma tela metálica recoberta com cimento.

¹³ ser indefinido em sua identidade que não oferece informação alguma sobre seus componentes originais.

*“A investigação, as técnicas e os efeitos são os três passos centrais da arquitetura. Quando a imaginação é estimulada por algo externo a arquitetura, essas técnicas terão que ser desenvolvidas para conseguir estes efeitos em termos de substância arquitetônica. Procuramos aplicar a capacidade para o interminável que podemos reconhecer em Kiesler e no *manimal*¹³, de maneira que uma estrutura incorpore todos os aspectos de um edifício - o tempo, a distribuição do programa, a construção - em um único gesto.”*[BERKEL, BOS, 1999: p.94]¹⁴

¹⁴ *“La investigación, las técnicas y los efectos son los tres pasos centrales de la arquitectura. Cuando la imaginación es estimulada por algo externo a la arquitectura, estas técnicas tendrán que ser desarrolladas para conseguir estos efectos en términos de sustancia arquitectónica. Intentamos aplicar la capacidad para lo interminable que podemos reconocer en Kiesler y en el *manimal*, de manera que una estructura incorpore todos los aspectos de un edificio - el tiempo, la distribución del programa, la construcción - en un único gesto.”* [BERKEL, BOS, 1999: p.94]

fg 12_14, fg 12_15 -
Endless House. Frederick
Kiesler. maquete e
desenhos p/ exposição no
MOMA, 1959

E o próprio Kiesler em manifesto menciona características de sua casa que são requeridas atualmente por alguns arquitetos vinculados à chamada “Arquitetura Topológica”, como, por exemplo, a continuidade espacial:

“A Endless House (casa sem fim) se chama assim porque todos os lados se unem sem solução de continuidade. É infinita como o corpo humano; não tem início nem fim. A Endless (sem fim) é bastante sensual, mais parecida com o corpo feminino, contrastando com a angulosa arquitetura masculina. Todos os extremos se encontram na Endless como o fazem na vida mesmo. Os ritmos na vida são cíclicos. Todos os extremos do viver se encontram ao longo de vinte e quatro horas, de uma semana, de uma vida. Tocam-se uns aos outros com o beijo do tempo. Dão-se as mãos, permanecem, despem-se, regressam através da mesma porta, ou de outras, vão e vem através de conexões múltiplas, secretas ou evidentes, ou através dos caprichos da recordação (...) As casas da era da máquina são divisões de cubículos. Uma caixa ao lado da outra, uma caixa embaixo da outra, uma caixa em cima da outra, até que se convertem em tumores de arranha-céus. A chegada da Endless House é inevitável em um mundo que está chegando a seu fim. É o último refúgio do homem como tal.” [KIESLER, 1966 apud Quaderns d’Arquitectura i Urbanisme, Espirales, 1999: p.98.]¹⁵

¹⁵ «La Endless House (casa sin fin) se llama así porque todos los lados se unen sin solución de continuidad. Es infinita como el cuerpo humano; no tiene principio ni final. La Endless (sin fin) es bastante sensual, más parecida al cuerpo femenino, contrastando con la angulosa arquitectura masculina. Todos los extremos se encuentran en la Endless tal como lo hacen en la vida misma. Los ritmos de la vida son cíclicos. Todos los extremos del vivir se encuentran a lo largo de veinticuatro horas, de una semana, de una vida. Se tocan unos a otros con el beso del tiempo. Se dan la mano, permanecen, se despiden, regresan a través de la misma puerta, o de otras, van y vienen a través de conexiones múltiples, secretas o evidentes, o a través de los caprichos del recuerdo. Los acontecimientos de la vida son tu huéspedes. Tienes que ser el mejor de los anfitriones posibles; de lo contrario, la multitud de acontecimientos se convertirá en fantasmas. Lo hará. Si, puede hacerlo, pero no en la Endless House. En ésta, los acontecimientos son la realidad porque los recibes con los brazos abiertos, y pasan a formar parte de ti. Se funden en ti y te ves así reforzado en tu autosuficiencia. Eres realmente un hombre acaudalado, rico en acontecimientos sin fin. Las casas de la era de la máquina son divisiones de cubículos. Una caja al lado de la otra, una caja bajo otra, una caja encima de otra, hasta que se convierten en tumores de rascacielos. La llegada de la Endless House es inevitable en un mundo que está llegando a su fin. Es el último refugio del hombre como tal.» [KIESLER, 1966 apud Quaderns d’Arquitectura i Urbanisme, Espirales, 1999: p.98.]

Nas Artes, merece ser destacado Marcel Duchamp, o qual, em na “descoberta” e no desenvolvimento dos *readymades*, recebeu influência dos trabalhos realizados pelo matemático Henri Poincaré – importante topólogo citado mais adiante - e de seus livros publicados na primeira década do séc. XX sobre as alterações de conceitos provocadas pela descoberta do raio X, o fenômeno da radioatividade, o rádio, o elétron e suas leis [MINK, 1996]. Em 1913-14, Duchamp construiu um objeto que marca a ruptura com a arte como era entendida até então: as *3 Paragens Padrão* que parece seguir Poincaré, em seu texto *Escola da Linha*¹⁶ ; a obra não se filiava nem à escultura nem à pintura, era uma caixa que apresentava “uma idéia, uma aplicação dessa idéia e a ‘lei’ que daí resulta”. Duchamp realizou uma experiência com três pedaços de linha de costura de um metro de comprimento, as quais deixou cair de uma altura de um metro sobre superfícies de telas pintadas; após três aterrisagens sucessivas num mesmo local, colava-as com verniz sobre as telas em preto-azulado, posteriormente fixadas em chapas de vidro. Segundo Janis Mink [MINK, 1996: p.45] as *3 Paragens Padrão*

“tornaram-se ferramentas para medir e criar outras linhas, à semelhança do metro padrão em platina conservado no Bureau Internacional des Poids et Mesures de Sèvres. (...) Ele usou-as imediatamente para determinar distâncias e localizações de outras obras, como Redes de Paragens Padrão”.

fg12_16 – Rede de Paragens Padrão (1914)
Marcel Duchamp – óleo e lápis s/ tela

A produção artística como resultado de um signo novo, da des-habitualização das significações cotidianas, baseia-se numa ciência que procura conhecer as *relações entre as coisas* e não as *coisas*:

“Todos os pontos de vista, as suas estruturas e movimentos têm de ser revistos. As físicas entraram num estágio de desenvolvimento que Poincaré caracterizou como ‘um desmoronamento geral dos princípios’, como um ‘período de dúvida’ e uma ‘crise séria’ da ciência... a dúvida fundamental sobre a possibilidade do conhecimento científico objetivo... As coisas em si mesmas não são o que a ciência pode alcançar..., mas apenas as relações entre as coisas. Fora destas relações, não há uma realidade conhecida.” [MINK, 1996: p.43]

¹⁶ Ver: MINK, Janis - *Duchamp*. Köln: Taschen, 1996.

¹⁷ Ver: *The Marcel Duchamp Studies Online Journal*. URL: http://www.toutfait.com/issues/volume2/issue_4/articles/girst/girst1.html

É conhecido o fato de que Duchamp e Kiesler participavam do mesmo círculo artístico e de exposições conjuntas como a *Exposition Internationale du Surrealisme* na Galeria Maeght em Paris, em 1947¹⁷. Como Duchamp também manteve contato com o trabalho de Poincaré, renomado matemático também por seus

fg 12_17- Endless House
(protótipo) . Frederick
Kiesler

fg 12_18, fg 12_19, fg
12_20 - superfície de Boy

trabalhos em Topologia, é possível considerar a hipótese de que o próprio Kiesler, com suas investigações sobre “continuidade espacial”, possa ter recebido alguma influência da Topologia, o que viria a se somar às similaridades materiais do modelo da *Endless House* (1950) com alguns modelos realizados em Topologia para representação de superfícies, como o da Superfície de Boy desenvolvida pelo matemático Werner Boy em 1903.

Na matriz russa, a vinculação da arte à ciência coube fundamentalmente a Anton Pevsner e Naum Gabo. Filhos de um engenheiro – pertencente à restrita burguesia técnica – e influenciados pelo viés ideológico da intelectualidade progressista russa, trilharam sua obra no sentido de associar uma avançada pesquisa estética à pesquisa científica com o objetivo de demonstrar que entre ciência e arte existe não uma relação, mas uma continuidade [ARGAN, 1992: p. 454]. E dentre as ciências, desenvolvem uma profunda predileção pela investigação geométrica. Investigação essa que Argan remete especificamente à Topologia, a qual, em seguida, difere com propriedade da Geometria Euclidiana:

“A morfologia plástica de Pevsner e Gabo é geométrica (...) Do ponto nasce a linha, das linhas os planos, dos planos os volumes: não se trata de verdades dadas, e sim um processo contínuo. A geometria a que se referem Pevsner e Gabo não é a geometria euclidiana (que supõe a prioridade das idéias sobre os fenômenos e, assim, ainda é ‘hierárquica’), mas a topologia, isto é, a ciência que pensa as formas geométricas como fenômenos que, tendo um desenvolvimento no tempo, definem o devir, não mais o ser do espaço. Um retângulo ou um círculo que não sejam entidades geométricas abstratas, porém formas talhadas numa matéria elástica e infinitamente deformável, perdem a propriedade de dividir o espaço em porções incomunicantes e adquirem a de assumir outras configurações a partir do espectro de variações próprio da forma originária.”

Também nas artes plásticas, o escultor Max Bill, conhecido pela aplicação de conceitos matemáticos em suas esculturas, dentre elas a renomada *Unidade Tripartida* (1948/49) em que realiza, segundo investigação de Washington Marar, orientador desta pesquisa, a fusão de três Fitas de Möbius (Ver no Capítulo 2, item 2.2.2.1, a descrição de uma **Fita de Möbius**), escreve, em 1950, importante texto intitulado *O pensamento matemático na arte de nosso tempo* em que, além de citar o desenvolvimento de novas geometrias por Riemann¹⁸ e Lobachevsky¹⁹, credita à aproximação da arte com a matemática uma grande possibilidade de criação do novo:

fg 12_21 - Construção Dinâmica. 1947. Anton Pevsner. Estanho oxidado sobre masonite.

fg12_22 - Construção no espaço. O cristal. 1937. Naum Gabo. Perplex.

fg12_23, fg12_24 – Unidade Tripartida. 1948-49. Max Bill

“O aparecimento desta nova arte é o resultado de uma visão, que se move numa zona que, num sentido, não oferece muita segurança, mas que, em outro, é um convite ao desconhecido, ao descobrimento de novos campos de visão e de percepção sensível. A diferença entre a idéia tradicional de arte e a definida por nós pode ser, mais ou menos, a mesma que aquela existente entre as leis de Arquimedes e a astrofísica de hoje. Arquimedes é ainda decisivo em muitos casos, mas não já em todos. Fídias, Rafael, Seurat criaram obras de arte de seu tempo com os meios de seu tempo. Mas aquele campo de visão se ampliou hoje: a arte toca já regiões antes proibidas. Uma destas se serve do pensamento matemático que, apesar de seus elementos racionais tem componentes da visão universal capazes de levar-nos aos limites do inexplicável.” [BILL, 1950]

¹⁸ Georg Friedrich Bernhard Riemann (Hanover, atual Alemanha, 1826 – Selaca, Itália, 1866) realizou sua tese de doutorado sob orientação de Gauss, estudando a teoria de variáveis complexas e, particularmente, o que hoje são chamadas Superfícies Riemannianas. Completando seu pós-doutorado, desenvolveu as famosas Hipóteses de Riemann (*Über die Hypothesen welche der Geometrie zu Grunde liegen* – Sobre as hipóteses que residem nos fundamentos da geometria), extendendo as funções zeta de Euler. Na primeira parte de seu trabalho coloca o problema da definição de um espaço n-dimensional, conferindo-lhe uma definição hoje conhecida como espaço Riemanniano; na segunda desenvolve questões sobre o relacionamento entre a geometria e o mundo vivencial, perguntando-se qual a dimensão do espaço real e qual geometria descreve este espaço. Para maiores informações ver URL: <http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Riemann.html>

¹⁹ Nikolai Ivanovich Lobachevsky (Nizhny Novgorod, Russia, 1792 - Kazan, Russia, 1856) escreveu, em 1826, um artigo intitulado *A concise outline of the foundations of geometry* (Um breve sumário sobre os fundamentos da geometria) que viria a influenciar seus primeiros trabalhos sobre geometria hiperbólica, publicados como geometria não-euclidiana, sendo considerada como a primeira aparição do termo em uma publicação, em 1929. Seu maior trabalho, *Geometriya*, finalizado em 1823 só foi publicado em sua forma original em 1909. Para maiores informações ver URL: <http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Lobachevsky.html>

As realizações brevemente comentadas participam da construção da Modernidade em seu sentido mais amplo, sendo inegável a investigação que realizam para a constituição da emancipação do ser humano à qual associam-se, a seu modo, por meio de procedimentos teóricos ou projetivos distintos daqueles considerados pela historiografia do que seja o Movimento Moderno na arquitetura e nas artes e que, por esse mesmo fato, podem apresentar-se como ampliação do seu sentido corrente. A investigação das descobertas científicas de seu tempo, a ação de projeto por meios que possibilitam a representação e compreensão da totalidade do espaço arquitetônico e a incorporação do dinâmico e do mutável, tanto no projeto quanto no objeto arquitetônico/objeto artístico, são características que podem ser apontadas nessas realizações e que prefiguram, de certo modo, algumas realizações arquitetônicas contemporâneas, fundamentalmente, aquelas que se aproximam da Topologia.

1.3 arquitetura e topologia - procedimentos interdisciplinares contemporâneos

Como início de construção de um pensamento, o tópico anterior, baseado na reconsideração da dicotomia estanque entre Arquitetura Moderna e Arquitetura Contemporânea e no registro do trânsito de arquitetos e artistas em outros campos do conhecimento, procura, ao retroceder em casos do passado, dirimir qualquer possível associação direta de que a Arquitetura e a Arte Contemporâneas sejam as primeiras a buscar aproximação com as ciências pós-newtonianas - dentre elas a Topologia - e que a Arquitetura Moderna corresponderia ao mundo mecanicista e ao arcabouço teórico da Geometria Euclidiana e à aplicação de suas leis.

É certo que a familiarização com conceitos recém desenvolvidos em qualquer disciplina demanda tempo para que possam não só ser aceitos pela comunidade científica a que dizem respeito, mas para que retroalimentem suas áreas de ação, fatos que por si só já desencadeiam a inércia da sua aproximação a outros campos disciplinares. Inércia que é diminuída por investigações que estão situadas entre ou além dos campos disciplinares, pelo contato entre pesquisadores de áreas distintas como nos casos Le Corbusier-Varèse-Xenakis, Duchamp-Poincaré, Max Bill-Riemann, ou de pura intuição e sensibilidade para com seu tempo como nos casos de Boullé, Ledoux, Mendelsohn e Kiesler. Mais do que uma secção, a incorporação das novas ciências pela arquitetura enfocada atualmente em livros e periódicos de renome - dentre eles o exemplar da revista *Architectural Design* sob o tema *New Science = New Architecture?* (1997) - pode ser lida como uma ampliação gradual dos horizontes da disciplina arquitetura o que, no caso da relação com as geometrias é reforçado, como será visto no capítulo seguinte deste trabalho - em item dedicado a conceituações topológicas -, pelo fato de a todo "objeto" poder se atribuir uma geometria e uma topologia.

Para além dos procedimentos interdisciplinares, muito se tem escrito sobre a transdisciplinaridade, a qual se situaria em um estágio acima da primeira e se coloca como um dos grandes meios almejados para a construção do conhecimento humano contemporâneo. A possibilidade dos diversos campos construírem conhecimentos transdisciplinares tem suas repercussões no meio arquitetônico e já sugere o aparecimento de novos conceitos como, por exemplo, o de *transarquitetura* do arquiteto Marcos Novak - a ser tratado em momento oportuno neste capítulo.

Este trabalho, adotando o termo interdisciplinaridade coloca a intenção clara de diálogo entre duas disciplinas, Arquitetura e Matemática, tendo como horizonte, a abertura para tentar compreender a transdisciplinaridade - e seus desdobramentos -, conceito proposto pela Carta de Transdisciplinaridade elaborada por Lima de Freitas, Edgar Morin e Basarab Nicolescu, adotada no Primeiro Congresso Mundial de Transdisciplinaridade (Convento de Arrábida, Portugal, 2-6 novembro, 1994) :

*“Artigo 3: A transdisciplinaridade é complementar à aproximação disciplinar: faz emergir da confrontação das disciplinas dados novos que as articulam entre si; oferece-nos uma visão da natureza e da realidade. A transdisciplinaridade não procura o domínio sobre as várias outras disciplinas, mas a abertura de todas elas àquilo que as atravessa e as ultrapassa. Artigo 4: O ponto de sustentação da transdisciplinaridade reside na unificação semântica e operativa das acepções através e além das disciplinas. Ela pressupõe uma racionalidade aberta por um novo olhar, sobre a relatividade das noções de definição e objetividade. O formalismo excessivo, a rigidez das definições e o absolutismo da objetividade comportando a exclusão do sujeito levam ao empobrecimento. Artigo 5: A visão transdisciplinar está resolutamente aberta na medida em que ela ultrapassa o domínio das ciências exatas por seu diálogo e sua reconciliação não somente com as ciências humanas mas também com a arte, a literatura, a poesia e a experiência espiritual.”*²⁰

Com isso posto, faz-se necessário apresentar os contornos do mapeamento que se pretende brevemente realizar, pois, quer partam de uma ou outra disciplina, as aproximações entre a Arquitetura e a Topologia mostram-se variadas e delineiam diversos pontos de interseção. Deixando à parte as ações de aproximação de matemáticos para o campo da arquitetura²¹, o que já caberia uma pesquisa de monta e de grande interesse, este trabalho intenta, neste momento, em movimento de investida na Topologia a partir da Arquitetura e em retorno a ela, apresentar alguns trabalhos em Arquitetura, projetos ou conceituações, de anos recentes, sob motes de ação principais. A existência de pesquisas arquitetônicas que possibilitam um amplo espectro de relações, além ou através

²⁰A primeira vez que se tem notícia da expressão transdisciplinaridade é com Jean Piaget, em 1967: “Enfim, à etapa das relações interdisciplinares, pode-se esperar ver suceder uma etapa superior que será ‘transdisciplinar’, que não se contentará de atender as interações ou reciprocidades entre ciências especializadas, mas situará estas ligações no interior de um sistema total sem fronteiras estáveis entre as disciplinas”. O texto de Morin, está disponível na íntegra, entre outros sites, em www.cfh.ufsc.br/~let/carta.htm.

²¹ É possível ver algumas destas ocorrências em <http://www.nexusjournal.com>, sítio de arquitetura e matemática.

de critérios de classificação, por si só já eliminam qualquer possibilidade desta ação sem que estejam presentes em mais de um dos grupos elencados.

Alguns critérios pautaram a seleção dos trabalhos a figurarem neste breve panorama. Procurou-se apresentar assuntos que são campos de estudo por arquitetos ou por grupos de pesquisa em arquitetura de universidades, que por seu reconhecimento já figuraram ou são citados em livros e periódicos de arquitetura de considerável circulação e que, por isso, são minimamente conhecidos. Sua inclusão não se pautou por inferência, mas por referência por parte do trabalho de intenção em estabelecer diálogo com a Topologia, ou pelo uso de termos ou conceitos desta última – procurando, quando necessário, a fim de clarificar uma ação que por vezes se mostra nebulosa, delinear seus limites. Por fim, mais do que exaurir a quantidade crescente de trabalhos arquitetônicos que procuram diálogo com a Topologia, procurou-se pontuar algumas interfaces recorrentes, desde aquelas que resultam em aplicações algébricas diretas quanto as que se desdobram em desenvolvimento teórico ou projetivo intuitivo a partir de conceitos.

1.3.1 Forma e estrutura – a modelagem algébrica

Forma e estrutura, situadas dentre os paradigmas da arquitetura, são protagonistas de discussões entre correntes arquitetônicas ao longo da história, que ensejam por sua associação ou dissociação. Em se tratando da forma como elemento tradutor de um arcabouço teórico ou resposta a um dado contexto colocado ao arquiteto, esta tem sido vinculada à geometria pelos próprios arquitetos, grosso modo, pelos elementos que dela fazem uso. Mesmo não estando a forma dentro das questões fundamentais da Topologia, mas as características invariantes sob alteração da forma - como será frisado no próximo capítulo - o uso de formas complexas ou de superfícies não-planares

tem sido diretamente vinculada à “topologização” da arquitetura, assim como o uso das formas ortogonais está à Geometria Euclidiana. Situada dentre as Geometrias Não-Euclidianas (Ver no Capítulo 2, item 2.2.2.1, os conceitos de **Topologia, Geometria Euclidiana, Geometrias Não-Euclidianas**), a Topologia estuda as propriedades invariantes fora do plano euclidiano, fornecendo instrumental para o entendimento de superfícies ditas não triviais, fugindo de seu escopo, porém, a reciprocidade entre a linguagem algébrica e a linguagem geométrica. Esta surge com Descartes²² e o desenvolvimento da Geometria Cartesiana ou Analítica, a partir do qual toda forma pode ser decodificada também por uma

²² René Descartes (La Haye, atualmente Descartes, Touraine, França, 596 – Estocolmo, Suécia, 1650), filósofo francês que se tornou importante personagem da matemática ao escrever *La Géométrie*, no qual introduz relações de reciprocidade entre álgebra e geometria e é seminal do campo da matemática posteriormente denominado Geometria Cartesiana. Descartes apresenta um sistema de eixos ou de coordenadas (sistema cartesiano), pelo qual todo e qualquer objeto geométrico pode ser representado por meio da simples aplicação dos pares ou trios ordenados nas equações que regem o objeto. Para maiores detalhes ver URL: <http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Descartes.html>

linguagem algébrica que corresponde reciprocamente à sua linguagem geométrica. Por meio desse campo da Matemática, é realizada a obtenção do código de qualquer porção do espaço tridimensional como as superfícies – parabolóides hiperbólicos, hiperbolóides elípticos, conóides, catenóides, etc – e os sólidos, ou do espaço bidimensional – pontos, linhas, figuras geométricas e planos - que permite o seu desenho e representação em estruturas materiais.

fg131_01 - Cúpula Geodésica do Pavilhão norte-americano na Exposição Universal de Montreal. 1967. Richard Buckminster Fuller

fg131_02 - Aeroporto Internacional, Denver. 1994. Horst Berger.

Na arquitetura contemporânea, é possível distinguir arquitetos que fazem uso da modelagem algébrica no processo de obtenção do binômio forma-estrutura. Dentro dessa vertente em que forma e estrutura não se dissociam, lêem-se proposições dentro do que se chamará de “forma estrutural” e de “estrutura formal”, pela especificidade de vínculos entre os dois termos. Em uma como na outra, expressam-se no objeto arquitetônico pela hipertrofia da cobertura-vedação, que ganha ares de totalidade do objeto. São também distintos os momentos em que a modelagem algébrica participa do projeto, seja como método ou simplesmente como parte do processo, mas inegavelmente ganham destaque estes meios de modelação da forma/estrutura que se situam nos limites entre a Matemática e a Física, ou ainda, indiretamente relacionados à Matemática pela Física.

Dentre os primeiros, a arquitetura que se constrói por uma “forma estrutural”, a pesquisa inicia-se no campo estrangeiro, da Matemática e da Física, na procura de formas e perfis de mínima energia, como os catenóides, que podem ser representados por modelos em bolhas de sabão, ou de superfícies curvas que pela tensão estrutural superam grandes vãos. Nesse grupo o padrão da forma é conhecido e o ferramental algébrico torna-se fundamental para a obtenção da forma para cada caso, no qual o desenho preciso propicia a melhor estrutura. Nele podem ser incluídas as estruturas tencionadas de Frei Otto, com o uso de parabolóides hiperbólicos, ou as treliças espaciais geodésicas de Buckminster Fuller.

No outro grupo, a arquitetura que se realiza por uma “estrutura formal”, situam-se os trabalhos recentes de Frank Gehry e Peter Eisenman em que a pesquisa inicia-se no próprio campo arquitetônico por meio da modelagem da forma, associada ou não a referências conceituais de outras áreas. No caso do Museu Guggenheim de Bilbao de Frank Gehry, o desenho da forma inicia-se por meio de referências visuais livres – a flor, o navio – trabalhadas tridimensionalmente por modelagem em maquetes materiais. Em processo de engenharia reversa, com auxílio de *scanner* tridimensional e software CAD/CAM, o modelo é transferido para o computador e as curvas são reorientadas a partir de seus pontos de controle, conformando perfis posteriormente transformados em linguagem algébrica, calculados e testados pelo método de elementos finitos, processo que retorna para possíveis reconcepções parciais da forma. Nesse caso, mesmo

fg131_03, fg131_04,
fg131_05, fg131_06,
fg131_07 - Museu
Guggenheim Bilbao.
Frank Gehry. Modelo em
computador; Vista
externa; Modelo em
computador; Vista
externa; Modelo virtual
e concreto

que seja co-responsável pela forma, a estrutura é estudada *a posteriori* e atua como suporte cenográfico para a vedação de placas de titânio. A modelagem algébrica torna-se resultante da modelagem geométrica computadorizada da forma, esta por sua vez, iniciada em modelos materiais.

Em projetos recentes de Eisenman, como a *Max Reinhardt Haus* (1992), o *BFL Software Ltd. Headquarters Building* (1996), o *Staten Island Institute of Arts and Sciences* (1997), a forma é modelada por meio da parceria arquiteto-computador: a introdução e seleção de parâmetros pelo arquiteto na rotina de programação de softwares, com referenciais conceituais externos à arquitetura: dobra, fractal, caos [GALOFARO, 1999]. A grande diferença no caso de Eisenman

para o grupo chamado de “forma estrutural” seria que para estes o padrão da forma é previamente conhecido, sendo a modelagem algébrica apenas responsável pelo desenho estrutural otimizado e, para ele forma e estrutura não são conhecidas, mas resultado direto da modelagem matemática computadorizada a partir da seleção de variáveis estratégicas pelo arquiteto. Se em Gehry a modelagem algébrica é resultado da modelagem geométrica, em Eisenman, a geométrica é resultante da algébrica. Tanto em um como em outro, não prevalece o caráter estrutural da forma, mas a forma em si, sob a qual existe uma estrutura que lhe dá suporte.

fg131_08, fg131_09 -
Max Reinhardt
Haus.1992. Peter
Eisenman. modelo;
diagramas

fg131_10 - BFL
Software Ltd. Head-
quarters Building.
1996. Peter Eisenman.
modelo

fg131_11 - Staten
Island Institute of Arts
and Sciences .1997.
Peter Eisenman.
modelo

1.3.2 continuidade espacial – a modelagem de superfícies

A Topologia, grosso modo, é uma geometria cujos objetos podem ser imaginados como que construídos com materiais perfeitamente elásticos - podendo, como resultado determinar a congruência, isto é, a similaridade entre formas geométricas tão distintas quanto o círculo e o triângulo, ou até mesmo dois polígonos quaisquer. Uma propriedade topológica é aquela que é preservada por transformações contínuas que podem ser continuamente desfeitas, também conhecidas como *homeomorfismos*. Por *homeomorfismo*, uma superfície plana ao ser deformada preserva todas as suas características topológicas, alterando apenas suas características topográficas²³. Como já exposto, interessa à Topologia menos a forma, que estaria vinculada à topografia e mais as relações existentes entre os pontos dessa forma, o que torna evidente certa vulgarização da Topologia no meio arquitetônico a partir da qual ela se expressaria apenas por meio de formas complexas, deformadas ou retorcidas. Em Arquitetura, forma e organização espacial são termos

²³ CARTER, J. Scott, *How surfaces intersect in space: an introduction to topology*, World Scientific, Second edition, 1995.

freqüentemente indissociáveis; em Topologia, investiga-se a organização espacial que se mantém atrás das formas, dentre elas a continuidade espacial entre regiões ou porções da superfície.

Ao desenharmos o território da cidade e da arquitetura como um conjunto de superfícies com relações de continuidade e descontinuidade, parece se fazer presente a interseção da Arquitetura com a Topologia. Sem enveredar pelo uso de modelagens algébricas no desenvolvimento da forma, o objeto arquitetônico resultante da modelagem de superfícies é tomado por este trabalho como resultado de uma ação intuitiva de manipulação de superfícies delgadas através de recortes, dobras e deformações, atentando menos para as características métricas e mais para as relações de continuidade espacial construídas. O arquiteto francês Bernard Cache [CACHE, 1995], explicita essa questão ao identificar que a geometria fundamental da Arquitetura representada pelo quadrado, o círculo e o triângulo, a partir de então, seria substituída pela superfície, o vetor e a inflexão.

fg132_01 Bibliothèques Jussieu. 1992 . Paris, França . OMA - maquete e diagrama

fg132_02 - Parkhouse, Amsterdam. 1996. NL Architects

As arquiteturas de superfícies que constróem continuidades espaciais e se constróem por meio delas colocam-se teoricamente como alternativa à fragmentação das estruturas, extensamente conceituada por parte da Filosofia contemporânea e traduzida em Arquitetura por alguns arquitetos contemporâneos. De um lado, desde a valorização imagética das fachadas do objeto arquitetônico tridimensional com a inserção de luzes, imagens e informações, passando pelo projeto de estruturas deconstruídas, até o vislumbre de cabines individuais em que o acesso à realidade é intermediado por uma gama de equipamentos

eletrodomésticos, o cenário que, por um lado se diagnostica e por outro se alimenta e estetiza, é o da desestruturação e fragmentação: da cidade, da arquitetura, da sociedade. Por outro, é possível identificar pesquisas e projetos de arquitetura e de desenho urbano que abordando a continuidade espacial, a partir das estruturas urbanas dadas e da condição do homem de habitante do espaço das cidades, procuram repensar o espaço urbano – e a arquitetura - levantando temáticas situadas além das classificações geralmente utilizadas: projetos que intencionam propor novas formas de cidade, ou melhor, novas vivências urbanas e que, de certa forma, resgatam o conceito de habitar a cidade: o espaço urbano como abrigo privilegiado de sociabilidades existentes e emergentes.

Algumas abordagens privilegiam não só a interdisciplinaridade do fazer e do produto arquitetônico, mas também procuram promover um religamento da arquitetura com o que a contém - a cidade - e o que contém em si - o ser humano e suas relações dinâmicas. O próprio termo arquitetura relacionado normalmente a pequenas escalas, acaba ganhando novas dimensões, associando-se com a prática do urbanismo como uma atividade em continuidade.

fg132_03 - Yokohama
Terminal. 1995. FOA

fg132_04 - Dobraduras –
Albers, Bauhaus

²⁴ De fato, uma superfície é não-orientável se, e somente se, contém ao menos uma Faixa de Möbius.

A revisão dos limites entre Arquitetura e Urbanismo passa então por uma revisão de suas atividades e a noção de fronteiras e limites ganha novas formulações. A continuidade espacial em Arquitetura com base na Topologia tem freqüentemente se baseado nas superfícies não-orientáveis [BERKEL, BOS, 1999], isto é, aquelas que em seu processo de construção, perdem a noção da dicotomia anterior - que seria o *dentro* e o *fora* - aparecendo um terceiro objeto contínuo, sem fim. A fita de Möbius, popularizada nas artes plásticas pelo matemático Escher é o exemplo mais próximo desse objeto não-orientável²⁴; uma fita-diagrama que, além de alimentar novas formulações espaciais, tem motivado o questionamento de dicotomias sobre as quais são projetadas e caracterizadas as arquiteturas: público-privado, interno-externo, vertical-horizontal,

forma-função, estrutura-vedação, edifício-solo, estático-dinâmico, zoneamento-entrecruzamento; objetivando que não sejam elementos construtores da fragmentação espacial e social, mas de sua superação pela fluidez e pela continuidade espacial.

Para Rem Koolhaas, um dos arquitetos que podem ser identificados junto às questões colocadas, a cidade se realizaria sobre o híbrido, no estreito contato ou superposição entre programas e espaços distintos como propõe, por exemplo, em seu projeto para o concurso da Biblioteca de Jussieu que é designado por ele como uma *network* (rede) - o edifício torna-se uma rede intrincada de usos e caminhos em continuidade com o solo urbano. A noção de fronteiras, regiões de contatos entre extremos proporcionando a aparição de elementos híbridos, heterogêneos, se coloca como alternativa à segmentação física imposta por barreiras que dificultam o contato entre diversidades. A continuidade espacial a ser pensada pretende ser mais que a continuidade visual entre um dentro e um fora como propôs o Movimento Moderno em arquitetura, mas a possibilidade de acesso físico e contato heterogêneo em superfícies urbanas pensadas como territórios ou regiões contínuas.

Ao redor dessa temática figuram em sua maioria alguns arquitetos que compõem uma chamada vanguarda holandesa contemporânea. Além do já citado Rem Koolhaas e seu escritório OMA (*Office for Metropolitan Architecture*) - espaço decisivo na trajetória profissional de arquitetos relativamente jovens que integram este grupo -, o escritório MVRDV formado por Winy Maas, Jacob van Rijs e Nathalie de Vries, dos quais os dois primeiros trabalharam no OMA; e UN Studio (*United Network*) composto por Ben van Berkel & Caroline Bos. Além desses, sediado em Londres, destaca-se o escritório FOA (*Foreign Office Architects*) da dupla Alejandro Zaera Polo - também com passagem pelo OMA - e Farshid Moussavi. Esse selecionado de certa maneira com origem comum, sob considerável influência dos primeiros trabalhos com superfícies contínuas de Koolhaas e de um procedimento projetual que com frequência utiliza modelos físicos de papéis cortados e vincados mostra, em meio à riqueza conceitual e diversidade de obras que lhes são inerentes, um paradigma construtivo: a dobra.

fg132_05 - Azadi
Multiplex Cinema. Teerã,
Irã. 1997. FOA

Embora historicamente a construção material do objeto arquitetônico esteja intimamente relacionada a um modo construtivo aditivo, isto é, que acrescenta material a material - distinto do processo em escultura que também admite o processo subtrativo - a geração da forma arquitetônica, em estágio cognitivo de visualização de um objeto tridimensional, pode fazer uso dos dois processos projetivos: o aditivo e o subtrativo. E as obras arquitetônicas, resultantes do processo, depois de construídas constituem registro de tal ação. Em abstrato, uma quantidade de material que possui certa forma pode ser representada essencialmente por um sólido; o objeto arquitetônico então, se não representa o sólido geométrico platônico sem interferências, denota um sólido escavado ou uma soma de sólidos – em Topologia, designada por soma conexa, operação que pode alterar a topologia dos elementos iniciais (Ver no Capítulo 2, item 2.2.2.1, o conceito de **Soma Conexa**).

A dobra como paradigma projetivo parte, para a geração da tridimensionalidade, de outras bases, nem de um processo aditivo ou subtrativo, nem de uma matéria-prima geométrica tridimensional. O objeto arquitetônico é resultado da manipulação de uma entidade bidimensional, a superfície, a qual não se submete a operações extrínsecas de adição ou retirada de elementos, mas a operações intrínsecas de dobraduras, onde ficam implícitas a extensão ou retração de suas dimensões, designadas em Topologia por homeomorfismos, operações que não alteram topologia (Ver, no Capítulo 2, item 2.2.2.1, o conceito de **Homeomorfismo**). A dobra permite à superfície a possibilidade de gerar um objeto tridimensional em que a caracterização básica é a continuidade material.

Com a autonomia da ação de projeto arquitetônico em relação à obra construída, adquirida após Filippo Brunelleschi e a concepção da cúpula da Igreja de Santa Maria Del Fiore em Florença nas primeiras décadas do século XV, o uso das projeções bidimensionais e dos modelos tridimensionais torna-se o código privilegiado para projeto e representação da Arquitetura e seu estudo ganha destacada importância como um campo específico dentro da disciplina arquitetônica. Dentre os distintos usos que arquitetos fazem desses meios ao longo da história, pode-se destacar três modos recorrentes: a utilização de desenhos e modelos de maneira associada em projeto, o uso de desenhos para projeto e modelos para representação e ainda, apenas de desenhos para projeto e representação, não sendo raro esse meio de projeto por meio de projeções bidimensionais de arquiteturas geradas, na linguagem usada em Topologia, por somas

fg132_06 -
Topografical
Overpass. Atlanta,
EUA. 1994.

fg132_07 - Estádio Töölö -
Ocean NO+UV

fg132_08 - El Águila -
Soriano-Palacios

conexas de entidades geométricas tridimensionais. Quanto à Arquitetura gerada por dobras de superfície, mais do que uma opção pela utilização de um ou outro meio projetual, traz intrinsecamente consigo a solicitação de sua projeção e representação por modelos tridimensionais pois, em última instância, é o plano que pela dobra ganha o espaço tridimensional.

A aproximação de procedimentos projetuais e de objetos arquitetônicos a propriedades topológicas vem incrementando discussões sobre novas espacialidades e permitindo novas possibilidades de projeção. A coletânea de projetos identificados nesta pesquisa sob o mote de modelagens de superfícies com fins de continuidade espacial, em grande parte, se sobrepõe ao grupo daqueles selecionados para desenvolver o tema da realização de metarquitecturas por meio de procedimentos projetuais por diagramas. A obra arquitetônica, nesses casos, pode ser lida como último estágio da ação de manipulação da superfície inicial e registro de seu processo, podendo-se considerá-la como o último diagrama do processo, isto é, uma obra diagramática.

1.3.3 continuidade espacial _ a teoria dos grafos

As relações que se estabelecem entre lugares, quer visuais ou de acessibilidade, denotam, em grande medida, o modo de utilização de determinado espaço. Mais do que a forma, o arranjo espacial é preponderante para a construção de relações, onde se colocam as questões e implicações da fragmentação e da continuidade espacial em arquitetura. Uma significativa parcela da dimensão comportamental humana no habitar está intimamente ligada à distribuição espacial, uma ordem aparentemente invisível sob a dimensão imagética em que muitas vezes a arquitetura se reduz.

Seqüências espaciais, gradações de qualificações - como, por exemplo, do público ao privado, do aberto ao fechado - aberturas ou contenções visuais compõem uma ordem que participa da especificidade da ação do arquiteto, o manejo do espaço; e essas relações criadas podem, sob alguns aspectos, ser entendidas topologicamente. Douglas de Aguiar, professor do curso de pós-graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que desenvolve pesquisas sobre essas questões em um campo denominado Sintaxe Espacial afirma [AGUIAR, 2002: p.03]:

“A busca de uma arquitetura implica por definição na busca de uma ordenação, mais simples ou mais complexa, mas em qualquer caso, na busca de algum tipo de ordem mesmo em meio à fragmentação do ambiente contemporâneo. Ao longo da história da arquitetura o conceito de ordem é quase que invariavelmente associado à geometria e mais precisamente às noções de regularidade, repetitividade ou coordenação modular. A utilização desses elementos de geometria muito embora possa produzir uma aparência de ordem não implica necessariamente na obtenção de uma ordem espacial. Tal ordenação transcende à ordenação geométrica e se refere ao modo de utilização da edificação. Trata-se de fato de uma ordem topológica. Entende-se, no contexto disciplinar arquitetônico, topologia como o estudo de relações espaciais que independem de forma e tamanho. Topologicamente o que conta é a condição relacional, a articulação ou inflexão, a proximidade ou distanciamento, enfim, o modo como os espaços de uma edificação se relacionam ou se articulam.”

fg133_01 - Passagem do organograma para a planta arquitetônica

As pesquisas sobre articulações espaciais em Arquitetura que se aproximam do campo da Topologia, basicamente o fazem por esta centrar foco em relações espaciais invariantes quando da alteração da forma, o que em Arquitetura permitiria atentar para as relações espaciais estruturais que em projeto são prévias à seleção da forma ou dela independem. Para o estudo dessas relações, a Topologia provê os conceitos de conectividade, continuidade e proximidade (Ver no Capítulo 2, item 2.2.2.1, os conceitos de **Conectividade**, **Continuidade**, **Proximidade**) que se aplicam a pontos ou regiões de qualquer objeto geométrico, como uma superfície ou porções dela e, no campo de origem, são focados pelo menos por duas áreas que, por esses conceitos se interseccionam, a Topologia Geométrica e a Teoria dos Grafos.

fg133_02 – Grafo – sistema e subsistema de variáveis em design – Christopher Alexander

No grupo anterior, a modelagem de superfícies com vistas à continuidade espacial tem similaridades de ação mais estreitas com a Topologia Geométrica e com esta foi vinculada neste trabalho, mas como qualquer outro conjunto espacial, poderia ser lida por meio de conexões e articulações com que se ocupa a Teoria dos Grafos. Como será desenvolvido com maior vagar adiante neste trabalho, um grafo é uma representação gráfica que utiliza pontos e segmentos de reta, para denotar, com os primeiros, elementos que estão em relação e, com os segundos, as relações entre os elementos.

Um grafo tem a característica de, ao ser submetido a certas operações que implicam em mudança de forma, manter as conexões inicialmente estabelecidas, sendo, por excelência, uma representação da Topologia entre os elementos em relação. Cabe à teoria que investiga os grafos a definição de suas propriedades e das

operações a que podem ser submetidos – um campo que tem as mais variadas aplicações, dentre elas a arquitetura.

A tradução de uma planta arquitetônica ou de um mapa urbano para um grafo, ou a sua concepção por meio dele, tem como qualidade a representação de, apenas e tão somente, todas as conexões espaciais estabelecidas, as quais podem ser avaliadas segundo conceitos e critérios desenvolvidos pela Teoria dos Grafos. A utilização de conceitos dessa teoria em projeto ou leitura de espaços arquitetônicos mostra-se segundo três procedimentos: um que será distinguido como geométrico-algébrico, outro como geométrico-intuitivo e, por fim, o que resulta de uma mescla dos dois primeiros.

A investigação por via geométrico-algébrica, denominada por pesquisadores de Sintaxe Espacial, opera a partir de duas ferramentas básicas, o traçado geométrico de grafos e o cálculo de coeficientes resultantes a partir de proporções entre as relações criadas, segundo conceitos definidos como integração, distributividade, simetria, entre outros. Por esse procedimento, o caráter topológico do grafo cede lugar a sua condição geométrica, pois são de fundamental importância para os cálculos, além das conexões estabelecidas, as distâncias entre os pontos conectados e, segundo os pesquisadores na área, os conceitos medidos pelo método podem traduzir as maneiras de sociabilidade que os espaços projetados induzem.

Para tanto, a mesma teoria defende que *“a integração é a chave para poder entender o conteúdo social da arquitetura mostrando como prédios e lugares funcionam em nível de coletividade”* [HANSON, 1998, apud FRANÇA, 1999: p.01], medida revelada pela *“distância relativa de um espaço em face de todos os outros do sistema. É obtida em função de quantos espaços temos minimamente de percorrer para ir de uma dada posição à outra”* [HOLANDA, 1999: p.03 apud FRANÇA, 1999: p.02]. Por distributividade, é considerado se o edifício *“constrói fortes barreiras entre as várias pessoas e/ou práticas que usam os seus espaços”* [HOLANDA, 1999: p.09 apud FRANÇA, 1999: p.05]; dessa forma, quanto maior a medida de distributividade menores são as fortes barreiras que cria. Por simetria, entende-se a hierarquização de espaços presente no edifício, ou seja, *“o grau em que o edifício classifica, mais ou menos fortemente, as pessoas e/ou práticas que organiza”* [HOLANDA, 1999: p.09 apud FRANÇA, 1999: p.05], sendo o valor inversamente proporcional a hierarquização do sistema. Finalmente, por entropia entende-se o grau de variação entre os valores de integração, isto é, *“se no sistema existem simultaneamente espaços extremamente integrados e espaços extremamente segregados”* [FRANÇA, 1999: p.04], sendo a diferenciação sintática proporcional aos valores encontrados (entre 0 e 1).

Como ferramenta de leitura de ambientes urbanos, o método permite a comparação entre diversas estruturas físicas e a avaliação de seu desempenho quanto a vários fatores, como exemplo, acessibilidade centro-periferia e transportes. E em leitura de projetos arquitetônicos, tem sido utilizado com vistas à compreensão de concepções espaciais propostas por arquitetos relevantes por meio da comparação entre os resultados obtidos de suas obras.

Com o desenvolvimento de softwares baseados no método, tem sido incrementada sua utilização como ferramenta de projeto, permitindo a manipulação simultânea e reciprocidade de dados geométricos e algébricos sobre as conexões entre os espaços arquitetônicos e ou urbanos. Boa parte de sua utilização em projeto, ao centrar o estudo nas conexões entre ambientes construídos, tem visado a otimização dos espaços e suas relações, fundamentalmente por meio da redução de conflitos passíveis de existência nos sistemas espaciais, quanto mais complexos eles forem. Como decorrência da experiência no uso do método, a reincidência de determinados tipos de conexões permitem sua organização segundo padrões de conexões pelos quais são analisados.

O conceito de padrão – *pattern* – foi extensamente estudado e desenvolvido pelo arquiteto norte-americano Christopher Alexander nas décadas de 60 e 70 do séc. XX em livros como *Notes on Synthesis of Form* e *The Structure of the Environment*, que resultam da observação e análise da recorrência de determinadas relações nas formas dos ambientes construídos e que culminam na proposição de uma aproximação projetual via *patterns*:

²⁵ "Los átomos de la estructura del medio ambiente son relaciones. Las relaciones son patterns geométricos. Son los patterns geométricos más simples en un edificio que, funcionalmente, puede ser correcto o incorrecto. Una lista de las relaciones que se requieren en un edificio reemplaza el programa de diseño (o brief) y las primera etapas de croquis." [ALEXANDER, 1971]

"Os átomos da estrutura do meio ambiente são relações. As relações são patterns geométricos. São os patterns geométricos mais simples em um edifício que, funcionalmente, podem ser corretos ou incorretos. Uma lista das relações que se requerem em um edifício reposiciona o problema do desenho (ou instruções) e as primeiras etapas de croquis." [ALEXANDER, 1971]²⁵

fg133_03 – Grafo –
Pattern de interações
urbanas – Christopher
Alexander

fg133_04 – Grafo –
Interações entre campus
universitário e cidade,
Cambridge– Christopher
Alexander

Dentre os mais destacados pesquisadores contemporâneos da área estão os professores Julienne Hanson e Bill Hillier, coordenadores do *Spacial Syntax Laboratory* da *Bartlett Faculty of the Built Environment* da *University College London*²⁶ e professores do *MSc. Graduate Diploma Built Environment – Advanced Architectural Studies* dessa escola. Hanson, professora da disciplina *Forma da Habitação e Cultura*, centra seu interesse nas configurações espaciais da habitação - a qual considera a construção culturalmente mais complexa - e em grupos com novas necessidades habitacionais. Escreveu sobre o tema em *Decoding Homes and Houses* (1998), livro referência na área da sintaxe espacial, ao lado de dois livros de autoria de Hillier, *The Social Logic of Space* (1984 - com J. Hanson) e *Space is the Machine* (1988). Hillier, professor da disciplina *Arquitetura e Morfologia Urbana*, deu origem à área de pesquisa intitulada *sintaxe espacial*, com a qual tem se focado nos seguintes objetivos:

²⁶ No Brasil, dentre aqueles que desenvolvem pesquisa na área, encontram-se pelo menos dois pesquisadores que, não por acaso, têm parte de sua formação vinculada à *Bartlett School – University College London*. O já citado prof. Dr. Douglas Vieira de Aguiar, que realizou seu doutorado na *Bartlett School* em 1991, é professor da disciplina *Sintaxe Espacial* do programa de pós-graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e membro do grupo de pesquisa em Estudos Configuracionais Urbanos que tem como temáticas de pesquisa a Morfologia Urbana e Redes de Serviço, e a Simulação do Processo Configuracional Urbano. E o Prof. Dr. Frederico Rosa Borges de Holanda, professor de, entre outras disciplinas, Espaço e Organização Social do Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília, que realizou mestrado pela *Bartlett School of Architecture and Planning*, em 1977 e doutorado pela *Bartlett School of Graduate Studies*, em 1997.

*“Primeiro, no desenvolvimento de uma nova teoria da estrutura micro-espacial dos ambientes construídos com referência especial à análise de campos visuais e como eles relacionam experiência humana e atividade, segundo, no desenvolvimento de uma teoria ‘configuracional’ da relação entre sociedade e espaço, e terceiro, na aplicação do conceito de ‘configuração’ arquitetônica para problemas em outras áreas.”*²⁷

A investigação de conexões espaciais em Arquitetura pela via geométrico-intuitiva não objetiva a obtenção de resultados estritos que podem ser mensurados, parte do que caracteriza o método geométrico-algébrico. A caracterização qualitativa das conexões – que é intrinsecamente ligada à Topologia – não é associada, nesse caso, à mensuração quantitativa que diz respeito às características geométricas. Opta-se por sua identificação como geométrico-intuitiva pelo fato de fazer uso apenas de representações gráficas planares associadas a conceitos construídos historicamente em Arquitetura que, de certo modo, encontram ressonância em conceitos matemáticos que embasam a representação por grafos ou por regiões – delimitadas por curvas fechadas, caracterizadas pelo matemático francês Camille Jordan em seu célebre Teorema da Curvas (Ver no Capítulo 2, item 2.2.2.1, um breve comentário sobre o **Teorema das Curvas de Jordan**).

²⁷ “...first, in the development of a new theory of the micro-spatial structure of built environments with special reference to the analysis of visual fields and how they relate to human experience and activity, second in the development of a ‘configurational’ theory of the relation between society and space, and third in the application of the concept of architectural ‘configuration’ to problems in other fields.” URL: http://www.bartlett.ucl.ac.uk/graduate/programmes/msc_be/aas_overview.htm

Esse procedimento constitui invariavelmente, mesmo que de maneira inconsciente, parte do processo projetual ou da leitura de qualquer espaço arquitetônico – como será desenvolvido adiante, no capítulo dedicado aos diagramas. Conceitos arquitetônicos intuitivos como acessibilidade, gradações de acessibilidade, proximidade, percurso, continuidade e descontinuidade, dentro e fora, barreiras, limites e fronteiras, figuram dentre as questões primeiras a partir dos quais os dispositivos arquitetônicos – aberturas, coberturas, vedações, materiais etc – qualificam o espaço.

Em Arquitetura, o uso direto de representações por grafos na construção de organogramas/fluxogramas ou por regiões delimitadas que dizem menos sobre forma e mais sobre posição relativa no espaço e que se constituem como prospecção de ligações espaciais e são identificadas comumente como croquis, encontra estruturação matemática nos conceitos de proximidade e conectividade por caminhos (Ver no Capítulo 2, item 2.2.2.1, os conceitos de **Proximidade, Conectividade**).

De maneira mais efetiva e com grande reconhecimento na arquitetura contemporânea, o arquiteto holandês Herman Hertzberger desenvolve uma investigação geométrico-intuitiva sobre arranjos espaciais e gradações de acessibilidade por meio de grafos, ou por desenhos que podem ser traduzidos em grafos, em seu processo projetual e que

ilustra extensamente em seu livro *Lições de Arquitetura* [HERTZBERGER, 1996]. Conceitos geométrico-intuitivos como demarcação, diferenciação e zoneamento territorial, intervalo, demarcação, estrutura em espinha dorsal gerativa, grelha, articulação e “espaço habitável entre as coisas” são desenvolvidos a partir das noções de regiões abertas e fechadas, conectividade e continuidade espacial.

Como instrumento de leitura de projetos, grafos e regiões delimitadas são utilizados pelo arquiteto português e professor do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Lusíada de Portugal em seu livro *A Morfologia da Arquitetura* [CONSIGLIRI, 1995]. Após elucidar distinções entre três modos de leitura do espaço, a Gestalt, a Fenomenologia e a Topologia, Consiglieri discorre verbal e graficamente sobre as “comunicabilidades topológicas” por meio de “esquemas de regiões” tendo como objeto obras de Andrea Palladio, Alvar Aalto, Le Corbusier e Frank Lloyd Wright.

fg133_05 – Diferenciação territorial – Herman Hertzberger

Entre o terreno das duas vias de investigação sobre conexões espaciais anteriormente expostas, a geométrico-algébrica e a geométrico-intuitiva, movem-se as pesquisas realizadas pelo arquiteto Pierre Pellegrino em busca de uma *linguagem espacial*. Professor do Departamento de Geografia da Universidade de Genebra (Suíça), coordenador do *Centre de Recherche en Architecture et Architecturologie* – CRAAL, que tem como temáticas de pesquisa, geografia urbana, semiótica do espaço e planejamento urbano: infraestrutura das cidades. Escreveu, dentre outros livros, *Le sens de l'espace: la dynamique urbaine* [PELLEGRINO, 2000], que trata fundamentalmente sobre o espaço urbano com aporte da geografia e da semiótica.

A investigação do espaço por meio de uma linguagem espacial sugere a aproximação entre campos de estudo sobre o espaço e sobre a linguagem, ou ainda, que, a seu modo, tratem do espaço como linguagem: a matemática e a semiótica. A reciprocidade matemática entre a linguagem algébrica e a linguagem geométrica instaura a transferência e manipulação de dados sobre o espaço em modos distintos de representação espacial. A reciprocidade semiótica entre objeto e signo instrumentaliza a transferência das representações mentais e sociais sobre o espaço habitado.

REGIÕES

LINHAS

fg133_06 – Limites
abertos e encerrados .
Victor Consiglieri

fg133_07 –
Comunicabilidades
topológicas.
Victor Consiglieri

LIMITES ENCERRADOS E ABERTOS

LIMITES ENCERRADOS - CURVAS DE JORDAN

Tendo esse aporte, as pesquisas do CRAAL como as transcritas no livro *Arquitectura e Informática* [PELLEGRINO, CORAY, 1999] contam com a colaboração entre arquitetos e matemáticos. Além de Pellegrino, é co-autor desse livro o matemático Daniel Coray, professor do Departamento de Matemática da Universidade de Genebra, especialista em análise espacial, numérica e geométrica, e que tem desenvolvido pesquisas sobre a conceituação do espaço em arquitetura para o Fundo Nacional Suíço de Investigação Científica.

Ao tratar o espaço como um todo formado por partes conectadas, os autores o aproximam da linguagem e procuram desvendar sua gramática, isto é, seus elementos constituintes e seus modos de conexão. Para tanto, por meio dos conceitos arquitetônicos de tipologia, composição e estilo, são identificados tanto os “*elementos estáveis de uma planta arquitetônica*” quanto a “*pluralidade de soluções*” para um projeto. Por esse viés, trazem da Semiótica e da Matemática os elementos para estruturar tal conceituação; da Semiologia e da Semiótica discorrem sobre os conceitos de sintagma e paradigma como eixos de seleção e combinação da linguagem, sobre os códigos e processos de tradução, a relação conteúdo e continente entre significado e significante, sobre texto e contexto, dados culturais e interpretação; e da Matemática apresentam tópicos da teoria dos grafos e os conceitos de invariantes métricas e topológicas. E na Informática os autores vêem a possibilidade de imbricação das duas áreas, que por meio do binômio imagem e informação, potencializaria a reciprocidade entre continente e conteúdo, e geometria e álgebra.

fg133_08 – Tradução de uma planta em grafo. Pierre Pellegrino

fg133_09 – Modelo, contexto e possibilidades a partir de Palladio. Pierre Pellegrino

Após a tradução de plantas arquitetônicas em grafos, as noções de gramática, estilo ou invariância assim como de contexto e variância, ganham formato passível de estudo comparativo, são representados essencialmente por elementos em conexão com outros elementos. As escolhas projetuais representadas pelos grafos são também traduzidas em linguagem algébrica por algoritmos, códigos de operações que permitem novas recombinações projetuais sob as regras iniciais. E como aplicação em estudos de caso, os autores apresentam invariantes da obra de Palladio e propõem “jogos estilísticos” de projeto à maneira de Louis Kahn, Frank Lloyd Wright e de Le Corbusier.

1.3.4 arquitetura, concreta e virtual _ as 3+n dimensões espaciais

A possibilidade de imaginação da construção de espaços que excedam as três dimensões x-y-z da realidade cotidiana, em que os objetos são apreendidos e usados apenas a partir da corporeidade humana, tem impulsionado pesquisas de diversos arquitetos em direção às arquiteturas ampliadas por novas mídias ou às arquiteturas virtuais de existência em ambientes de dimensão não igual a três, que pretendem estimular uma certa reconsideração dos conceitos sobre os quais a arquitetura se instala, entre eles, sua efetivação somente na materialidade da obra e na fruição espacial a partir apenas da existência física humana.

A Geometria Euclidiana sempre foi o bastante como suporte para as arquiteturas em terceira dimensão e a elas forneceu instrumental para projeto e construção. Para a concepção de objetos de $n+3$ dimensões, situados em ambientes não usuais, arquitetos têm procurado se apropriar da Topologia, campo privilegiado para o estudo de formulações de objetos em espaços de quatro ou mais dimensões e de representações desses objetos em dimensões menores. Paralelamente ao aporte topológico, contribuindo para a mudança do paradigma arquitetônico quanto à construção do espaço, os meios telemáticos – associação de tecnologias de informática e telecomunicações – têm se constituído, nas experimentações em curso, suporte ou meio de existência das chamadas “arquiteturas virtuais”.

É perceptível o enorme avanço ocorrido nas últimas décadas no desenvolvimento de ambientes gráficos para a modelagem geométrico-algébrica de sólidos e de superfícies, de ambientes interativos de simulação e comunicação e de meios de construção física e virtual de protótipos; fato que além de requisitar revisões sobre procedimentos projetuais sedimentados historicamente,

fg134_01 - Pavilhão da
Exposição “Realscape in
Quicktime”. Un Studio
(Berkel & Bos)

exige reconsideração dos limites da disciplina Arquitetura. E, dentro de novos limites, a pesquisa de ambientes virtuais e interativos, e de interfaces entre os ambientes físicos e os virtuais que fazem uso dessas novas tecnologias surge também como resposta à crescente virtualização das relações humanas propiciada por esse mesmo desenvolvimento tecnológico - principalmente dos meios de comunicação à distância.

Com o incremento de novas tecnologias de comunicação e informação no território real das cidades, a este se soma seu duplo, uma espessa camada virtual capaz de interconectar milhares pessoas em múltiplos lugares colocando-as simultaneamente num mesmo espaço, que instantaneamente cria circuitos de diálogos, redes de serviços, tramas de informações, dutos de circulações, sessões de co-presença que em muito espelham o território urbano e se aglutinam numa chamada urbanização virtual, mais fluida e veloz que a primeira. Para Milton Santos,

“o território passa a ser comandado a partir da capacidade de informação e são os fluxos de informação que são estruturadores do espaço... Os circuitos espaciais da produção criam movimento de matéria e os circuitos de cooperação criam fluxos de informação, que são os novos estruturadores do espaço.” [SANTOS, 1991: p.82]

É possível então a leitura do território como lugar de fluxos: aos materiais - de mercadorias, de pessoas - somam-se os imateriais, formados por gigantescas quantidades de informações que circulam entre unidades físicas terminais, interfaces entre os dois mundos. Essa nova urbanização amplia o território, estende sua malha de contatos invisíveis à totalidade do território material trazendo outras complexidades para o entendimento filosófico, social, econômico, cultural e jurídico da sociedade. A chamada urbanização virtual que potencialmente pode conectar-se a todo o território físico e atingir qualquer cidadão, tem a capacidade de tornar-se ferramenta para gerência do território urbano - físico e virtual - a qual se faz basicamente pelo processamento e circulação de informações.

A arquitetura dos sistemas de serviços urbanos telemáticos passa pelo design do ambiente cognitivo/comunicativo, isto é, as interfaces entre o concreto e o virtual: uma arquitetura constituída de *hardware* e *software*, de superfícies materiais como suporte para fluxos de informação; unidades terminais das redes de informação presentes no espaço urbano que constróem virtualmente uma nova territorialidade e fisicamente novos lugares de centralidade nas cidades. São vitais os sistemas operacionais que movimentam todos os dados dessas redes urbanas de serviços e informações, mas tratando-se do campo da Arquitetura, é o espaço arquitetônico concreto e virtual e, em última instância, são as superfícies que, como suporte dos fluxos imateriais, ganham destaque.

Peter Zellner, autor de recente livro - *Hybrid Space: new forms in digital space* - sobre arquiteturas virtuais e arquiteturas de interface sugere que:

*"As 'arquiteturas fluídas' líquidas globalizadas das mídias digitais fluem sobre, sob e através das 'arquiteturas maciças', concretas e locais das nossas cidades contemporâneas, criando um ambiente 'flutuante', indeterminado, uma interface entre público e privado, coletivo e subjetivo, provincial e planetário". [ZELLNER, 1999: p.11]*²⁸

fg134_03 – Möbius House:
Hyperurban Architecture.
Stephen Perrela

Apesar de evidenciado o estreitamento da relação entre álgebra (informação) e geometria (imagem-espaço) nas arquiteturas virtuais, as quais têm os meios computadorizados não apenas como ferramentas, mas como meios de existência, o que demandaria sua consideração também sob o tema da modelagem algébrica, optou-se, porém, por privilegiar o que se mostra como a maior área de contato que parecem estabelecer com a Topologia: a imaginação de ambientes que excedem as três dimensões e sua representação em ambientes de duas ou três dimensões.

²⁸ *"The globalized liquid 'soft architectures' os digital media flow over, under and through the local, concrete and 'hard architectures' of our contemporary cities, creating an indeterminate, 'floating' environment, an interface between public and private, collective and subjective, provincial and planetary."* [ZELLNER, 1999: p.11]

Novos meios computadorizados de projeto, representação e fruição do espaço arquitetônico associados ao que vem se chamando em Arquitetura de "novas geometrias", tornadas mais acessíveis por esses mesmos meios - mais em sentido instrumental que conceitual – delineiam novas fronteiras com outras disciplinas como a Informática, a Matemática, a Psicologia, a Sociologia e a Filosofia, e compõem porção do território arquitetônico que mais se ampliou em épocas recentes.

Em meio ao número significativo de pesquisas que vem sendo realizadas na área, duas ressalvas devem ser feitas quanto à citação da Topologia e que, em alguns casos, realizadas de modo recorrente, contribuem não só para a restrição de suas atribuições, mas para sua mitificação. A citação gráfica estaria no primeiro caso, aproximando a Topologia apenas de formas “curvas” ou “complexas” imersas na “quarta dimensão” e a citação verbal estaria no segundo caso agregando outra semântica a termos topológicos que, no limite, inviabilizam a sua citação, pois o nome traduzido perde o seu conceito original. Alguns desses casos serão discutidos oportunamente no item 1.4 deste capítulo.

O livro de Peter Zellner [ZELLNER, 1999], uma das publicações referência em se tratando da veiculação do panorama das pesquisas na área, pretendendo não ser extensivo ao todo das pesquisas realizadas, apresenta doze arquitetos/equipes em sua maioria de destaque no cenário arquitetônico contemporâneo. Dos Estados Unidos, Kolatan/Mac Donald Studio, Morphosis, Stephen Perrela, Winka Dubbeldam/Archi-tectonics, Reiser+Umemoto, Marcos Novak, Greg Lynn/FORM; da França, dECOi ; da Holanda, Oosterhuisassociates, NOX, UN Studio; da Inglaterra-Eslovênia-Finlândia, OCEAN.

Dentre esses, serão destacadas algumas das teorias de dois dos mais importantes arquitetos-pesquisadores que atualmente investigam as possibilidades colocadas pela quarta dimensão para a arquitetura (Ver o conceito de **Quarta Dimensão** no item 2.2.2.1 do Capítulo 2)²⁹, Stephen Perrela e Marcos Novak, mantendo a apropriação livre que fazem dos termos topológicos. Atestando a grande circulação de suas idéias, Perrela e Novak também são presença constante – e referência em artigos de outros autores – na série elaborada pela revista inglesa Architectural Design dedicada à Arquitetura e novas mídias, entre 1997 e 2000 (*Architects in Cyberspace I e II*, *New Science = New Architecture?*, *Hypersurface Architecture I e II*, *Sci-Fi Architecture*, *Architecture + Film I e II*).

fg134_04 – The Institute for Electronic Clothing. Stephen Perrela

²⁹ Ver também “Flatland – A romance of many dimensions”, de Edwin A. Abbott (1838-1926). URL: <http://www.geom.umn.edu/~banchoff/Flatland/>, que apresenta os conceitos relativos a dimensões espaciais de modo intuitivo e romanceado.

Em linhas gerais, Perrela propõe a ampliação da arquitetura a partir da relação entre elementos reais e virtuais e Novak a possibilidade de arquiteturas de 4D e seus possíveis intercâmbios com a realidade em 3D. O elemento chave para Perrela é a hipersuperfície que surge da agregação de novos conceitos à superfície material da arquitetura. A hipersuperfície seria capaz de resolver em si a esquizofrenia contemporânea colocada pelas dicotomias real/virtual, objeto/imagem, estrutura/significado³⁰ e, emergindo de novas condições culturais e arquitetônicas, seria a junção dinâmica de uma cultura midiaticizada a uma arquitetura topológica.

A hipersuperfície seria uma resposta conjunta à autodestruição do sujeito colocada pelos modos de produção capitalista e pelas tecnologias que proliferam a instrumentalidade da Economia e da Arquitetura que com sua tradição formal mostra-se inexperiente em responder ao sujeito consumidor desterritorializado. A hipersuperfície seria a união da arquitetura da topologia com a do pixel, unindo forma e imagem, não como a aplicação de uma imagem - ornamento - a uma forma, mas uma imagem superposta que cria uma forma semi-autônoma e incompleta, co-presença do material e da imagem sobre uma superfície-membrana-substrato sem o domínio de nenhum dos dois elementos, assim como no corpo humano: superfícies côncavas e convexas por onde passam fluxos de sensações. Imagem e forma seriam partes uma da outra e parte de outras lógicas maiores que criariam continuidade e promoveriam uma fluidez de relações:

"Hipersuperfície é a reconsideração da maioria das relações dicotômicas existentes no meio ambiente. Esses binários incluem: imagem/forma, interior/exterior, estrutura/ornamento, solo/edifício e assim por diante; não como entidades estáticas e separadas, mas como tecidos transversalmente constituídos ou planos de imanência." [PERRELA, 1998: p.08]³¹

Segundo Perrela, na Matemática, uma hipersuperfície é uma superfície no hiperespaço - um espaço de quatro ou mais dimensões - conceito ao qual ele associa noções complexas de espaço-tempo-informação:

"'Hiper' implica ação humana reconfigurada pela cultura digital, e 'superfície' é o entrecruzamento de substâncias em topologias diferenciadas. O termo hipersuperfície não é um conceito que contém significado, mas é um evento; algo com uma dimensão material... 'Hiper' sugere uma eventualização existencial do sujeito consumidor e 'superfície' supõe novas condições de um objeto-em-relação." [PERRELA, 1998: p.10]³²

³⁰ O que nas palavras de Jean-François Lyotard seria a posição em que se encontram o Moderno e o Pós-Moderno, a "sublime relação entre o apresentável e o concebível". Se um apresenta a inadequação da faculdade de apresentação, o outro falha na faculdade de conceber. Ver: NOVAK, Marcos - "Transarchitectures and Hypersurfaces" In: *Architectural Design - Hypersurface Architecture*. vol.68 n.5/6, may-jun 98, pp.85-93. Londres.

³¹ "Hypersurface is a reconsideration of often dichotomous relationships existing in the environment. These binaries include: image/form, inside/outside, structure/ornament, ground/edifice and so forth; not as separate and hence static entities but as transversally-constituted fabrics or planes of immanence." [PERRELA, 1998: p.08]

³² "'Hyper' implies human agency reconfigured by digital culture, and 'surface' is the enfolding of substances into differentiated topologies... 'Hyper' suggests an existential eventualisation of the consumer-subject and 'surface' entails the new conditions of an object-in-relation." [PERRELA, 1998: p.10]

fg134_05, fg134_06 –
Data-Driven Forms.
Marcos Novak

Segundo ele, o incremento da Topologia na forma arquitetônica estaria constituindo uma preparação para a recepção de fluxos de dados procedentes das atividades culturais contemporâneas; a mesma tecnologia que possibilita a maleabilidade de formas e programas impulsionando a “arquitetura topológica”, também inunda as diversas facetas da cultura. Os fluxos da tecnologia digital interconectados com outras transformações nas práticas econômicas, sociais e científicas globais, cultivariam em resposta manifestações fluidas e contínuas de morfogênese arquitetônicas. A Topologia na arquitetura seria um início de ativação de suas superfícies [PERRELA, 1998: p.11].

Por seu lado, Marcos Novak, também sensível às condições culturais e tecnológicas contemporâneas, propõe a consideração do termo *transarquitetura* para o ofício do arquiteto, o qual seria mais que disciplinar, multidisciplinar ou interdisciplinar, seria transdisciplinar, associado a novas ciências que ao pesquisar condições sem precedência histórica, fariam a ligação de um estágio de modernidade para outro de virtualidade. Entre esses dois estágios estaria cruzando transversalmente o estágio atual, a *transmodernidade*, época de “*transmutações em espaços conceituais não preditos, em novos estados de ser*”, distintos da modernidade, que seria caracterizada por colagens e justaposições, e da pós-modernidade, por misturas, combinações e dobras.

Na transmodernidade, a tela - *screen* - destaca-se como suporte ou anteparo das realizações humanas, dentre elas, a projeção (cinema), a proteção (sistemas câmera-vídeo) e a seleção (computador), estando presentes em todos os meios de informação

e comunicação. Para Novak, a tela e a hipersuperfície lançam a distinção de cinco graus de virtualidade. *Luz e sombra*, projeções de presença e ausência, espelhos. *Amostragens e estatísticas*: construções da continuidade para a descontinuidade, conotação para denotação: cinema, televisão, som digital, conversões analógico-digital e digital-analógico. *Inversão*: computação e epistemologia, simulações, programas gráficos, efeitos especiais. *Imersão*: alteração, ciberespaço, realidade virtual, lançar o real no virtual. *Eversão*: lançar o virtual no real [NOVAK, 1998: p.86].

Novak contrapõe dois movimentos: a imersão como a transição do espaço da materialidade para o ciberespaço e a eversão como o seu contrário; a possibilidade de eversão seria a manifestação da época atual, a de um espaço-tempo ampliado que pressupõe a existência dos outros quatro graus de virtualidade. Como exemplo de espaço-tempo ampliado, Novak apresenta os monitores de computadores que seriam para ele espaços inteligentes, protótipos bidimensionais de um espaço tridimensional que em sua extensão fixa poderá se constituir por partições e funções que mudam por meio da necessidade ou do desejo.

A *transarquitetura* seria então a união de todas as possibilidades colocadas para a Arquitetura nos tempos atuais, o que seria a concepção algorítmica (morfogênese), modelagem numérica (prototipagem rápida), construção robotizada (novas tectônicas), habitação interativa (espaço inteligente), telecomunicação instantânea (*pantopicon*), informações imersivas (arquiteturas líquidas), sociabilização não-local (domínio público não-local) e eversão virtual (*transarquiteturas*). E para Novak:

fg134_07 – Data-Driven Forms. Marcos Novak.

Show[graphics3DList[[13]]]

Graphics3D

Add time factor and Brownian Motion (random walk) and animate

```
fRandWalk[walk3D_]:=0;
f1a=Sin[time 0.5 x 1] + Sin[time y] + Sin[time .25 z];
f3a=(x^4+y^4+z^4)/5;
mainfunction=f3a; perturbation=f1a;
graphics3DList={}; (*initialize to null list*)
fRandWalk[walk3D_]:=Cos[ walk3D[[1]] ] + Sin[ walk3D[[2]] ] + Cos[ walk3D[[3]]
/R;
graphics3DList={}; (*initialize to null list*)
beginTime=0; endTime=15; timeStep=.5;

(* initialize random walk *)

walk3D={0,0,0}; (*starting point*)
step=1; (*assume same step in all directions*)
rs:=Random[Real,{-step,step}]; (* random step size, within maximum*)
```

fg134_08 – Variable Data
Forms. Marcos Novak

“‘Arquitetura de hipersuperfície’ e ‘transarquitecturas’ são conceitos complementares. Ainda que não sejam idênticos, buscam um aproximar-se do outro. Transarquitecturas são permeadas por hipersuperfícies em ambos sentidos, literal e metafórico, e teorizando e praticando arquitetura de hipersuperfície conduzirá a transformações radicais as quais o construto ‘transarquitecturas’ articula para a concepção evolutiva da arquitetura.” [NOVAK, 1998: p.87]³³

E quanto à sua produção arquitetônica relata:

“Minhas explorações algorítmicas de produções tectônicas são menos preocupadas com a manipulação de objetos e mais com a manipulação de relações, campos, maiores dimensões, e eventualmente, a própria curvatura do espaço. Desde que a arquitetura de objetos foi posta de lado favorecendo uma arquitetura de relações, as noções de hiperespaço e hipersuperfície tornam-se naturais. (...) Genericamente, eu computo ou encontro um campo de forças ou dados, exploro-o por isosuperfícies, extrudo as isosuperfícies de dimensões superiores, transformo o novo hiperobjeto de dimensões superiores no hiperespaço, projeto o objeto em um espaço de menores dimensões – uma hipersuperfície do hiperespaço – e, então, finalmente, deformato a própria matriz espacial em uma nova curvatura do espaço.” [NOVAK, 1998: p.89]³⁴

³³ *“‘Hypersurface architecture’ and ‘transarchitectures’ are complementary concepts. While they are not identical, pursuing one soon leads to the other. Transarchitectures are permeated by hypersurfaces in both literal and metaphoric senses, and theorizing and practicing hypersurface architecture would lead to the radical transformations that the construct ‘transarchitectures’ articulates for the evolving conception of architecture.” [NOVAK, 1998: p.87]*

³⁴ *“My algorithmic explorations of tectonic production are concerned less with the manipulation of objects and more with the manipulation of relations, fields, higher dimensions, and eventually, the curvature of space itself. Once the architecture of objects has been set aside in favour of an architecture of relations, the notions of hyperspace and hypersurface become natural. (...) Typically, I compute or find a field of forces or data, scan it for isosurfaces, extrude the isosurface of higher dimensions, transform the new higher dimensional hyperobjects in the hyperspace, project the object in a space of fewer dimensions – a hypersurface of the hyperspace – and then, finally, warp the spatial matrix itself into a new curvature of space.” [NOVAK, 1998: p.89]*

1.3.5 arquitetura, mutável e efêmera – o evento

As proposições identificadas sob este tema não constituem grupo que tem vinculações quanto ao objeto de investigação, mas a partir de um certo grau de aproximação, apresentam temáticas comuns: cada um a seu modo procura introduzir ao caráter físico prioritariamente estático das formalizações arquitetônicas - pelo qual historicamente são fruídas - a noção de movimento. O conceito físico de movimento aproxima duas variáveis, espaço e tempo; a incorporação do movimento no espaço permite a consideração de novas variáveis arquitetônicas, que constituem os motes das investigações que se seguem: arquitetura movente no espaço e no tempo.

O tempo é variável determinante para o gradiente de transformações do espaço de forma mutável (movimento *do* espaço), assim como o é para as conexões realizadas pelo acontecimento ou evento no espaço (movimento *no* espaço). Por um lado, pede-se a reconsideração do valor da permanência e do equilíbrio como elementos de valoração; por outro, o posicionamento do caráter – cada vez mais - dinâmico do habitar como construtor da paisagem, agente e interagente das configurações espaciais – seja por meio da relação habitante-espaço habitado, seja pela fusão espaço-mídias.

O evento é a questão central nas investigações e projetos realizados pelo arquiteto Bernard Tschumi, professor da *Graduate School of Architecture, Planning and Preservation at Columbia University*. Em dois livros, o primeiro como apresentação de sua prática projetual e de suas obras, *Event-Cities (Praxis)*, de 1994, o segundo como reedição de textos teóricos escritos entre 1975 e 1989, *Architecture and Disjunction*, de 1996, centra foco no evento como propulsor dos movimentos que tomam lugar no espaço arquitetônico, como gerador de possibilidades de uso e indutor de configurações espaciais:

“Arquitetura é tanto mais sobre os eventos que tomam lugar nos espaços quanto sobre os espaços em si (...) as noções estáticas de forma e função favorecidas longamente pelo discurso arquitetônico, precisam ser substituídas pela atenção às ações que ocorrem dentro e ao redor dos edifícios – para o movimento dos corpos, para atividades, para aspirações...” [TSCHUMI, 1994: p.13]³⁵

³⁵ *“Architecture is as much about the events that take place in spaces as about the spaces themselves (...) the static notions of form and function long favored by architectural discourse need to be replaced by attention to the actions that occur inside and around buildings – to movement of bodies, to activities, to aspirations...”* [TSCHUMI, 1994: p.13]

Naturalmente, ao investigar os eventos Tschumi não se atém às propriedades da forma, mas ao *locus* dos acontecimentos; do espaço, investiga as propriedades. Ação que, dentre seus escritos, está mais diretamente presente em *Questions of Space* [TSCHUMI, 1996: p. 53-62], no qual constrói extensiva sequência de questões sobre o caráter ontológico e epistemológico do espaço, que invariavelmente

fg135_01 – “Part 4: The Block” from The Manhattan Transcripts. Bernard Tschumi

adentram para o campo da matemática e mais precisamente da Topologia. Algumas que mais diretamente referenciam ao campo da Topologia cabem ser citadas – estas, como as outras questões que conformam o capítulo do livro de Tschumi, por sua vez, pedem considerações pormenorizadas que fogem ao âmbito deste trabalho, mas que sem dúvida, promoveriam excelentes trabalhos de pesquisa.

*“Se o espaço tem contornos, há outro espaço fora desses contornos? Se o espaço não tem contornos, as coisas então se estendem infinitamente? Como toda extensão do espaço é infinitamente divisível (visto que todo espaço pode conter espaços menores), pode uma coleção infinita de espaços então formar um espaço finito? (...) Se o espaço euclidiano é restrito a um pedaço de matéria tridimensional, o espaço não-Euclidiano é restrito a uma série de eventos no espaço-tempo quadridimensional? Se outras geometrias dão um maior entendimento do espaço que a geometria Euclidiana, o próprio espaço mudou com a construção de espaços com d-dimensões? A topologia é uma construção mental em direção à teoria do espaço?” [TSCHUMI, 1996: p. 53-62]*³⁶

³⁶ *“If space has boundaries, is there another space outside those boundaries? If space does not have boundaries, do things then extend infinitely? As every finite extent of space is infinitely divisible (since every space can contain smaller spaces), can an infinite collection of spaces then form a finite space? (...) If Euclidean space is restricted to a three-dimensional lump of matter, is non-Euclidean space to be restricted to a series of events in four-dimensional space-time? If other geometries give a clearer understanding of space than Euclidean geometry, has space itself changed with the construction of spaces with d-dimensions? Is topology a mental construction toward a theory of space?”. [TSCHUMI, 1996: p. 53-62].*

Tomando o espaço como um conjunto de sub-espços ou como uma seqüência espacial construída para e pelos eventos que nela tomam lugar, ele vê estes mesmos eventos como passíveis de serem elaborados em projeto arquitetônico:

“Se arquitetos podem auto-conscientemente usar dispositivos tais como repetição, distorção, ou justaposição na elaboração formal de paredes, não podem eles realizar o mesmo em termos de atividades que ocorrem entre essas diversas paredes?” [TSCHUMI, 1996: p. 146] ³⁷

³⁷ *“For if architects could self-consciously use such devices as repetition, distortion, or juxtaposition in the formal elaboration of walls, couldn’t they do the same thing in terms of the activities that occurred within those very walls?” [TSCHUMI, 1996: p. 146]*

E nesse sentido, conexão e desconexão ou disjunção e continuidade, entre programa, espaço e uso são as relações que historicamente constróem a essencialidade da arquitetura: seqüências de espaços e eventos podem ser desconectadas (indiferença entre considerações formais e utilitárias), conectadas (aproximação funcionalista de interdependência, uma é condição de existência para a outra) ou conflitivas (uma seqüência transgride a lógica interna da outra). Assim sendo, o sentido final de qualquer seqüência é dependente da relação espaço/evento/movimento [TSCHUMI, 1996: p. 159-162]. Utilizando um conceito topológico, eventos podem estabelecer conectividades por caminhos por meio de movimentos numa determinada seqüência espacial (Ver no Capítulo 2, item 2.2.2.1, o conceito de **Conectividade**).

Para Tschumi, qualquer seqüência arquitetônica é formada por três tipos de relações. A primeira, seqüência transformacional, diz respeito a dispositivos e procedimentos projetuais - objeto central da última aproximação entre Arquitetura e Topologia a ser identificada pelo presente trabalho; a segunda, seqüência espacial, é composta pelos tipos e infinitas variâncias formais ao longo da história; e a terceira, seqüência programática, é formada pelas conotações simbólicas e sociais que caracterizam o espaço arquitetônico [TSCHUMI, 1996: p.154].

De outro modo, pela associação de novas mídias, a incorporação do movimento ao objeto arquitetônico é temática de investigação em franco desenvolvimento tanto por arquitetos quanto no meio artístico. A concepção de espaços arquitetônicos como interface entre o mundo concreto e o mundo virtual, entre local e distante por meio da interação entre matéria e movimento, tem lugar de destaque na investigação de dois arquitetos holandeses, Lars Spuybroek do escritório NOX e Kas Oosterhuis do escritório *Oosterhuisassociates*. Contratados pelo Ministério Holandês dos Transportes, Obras Públicas e Gerenciamento da Água, conceberam respectivamente os pavilhões interativos *FreshH2O eXPO* e *Saltwater Pavillion*, situados na ilha artificial *Neeltje Jans*, ao sul de Roterdã, em 1997.

Próximos à água, fazendo uso das tecnologias de informação e comunicação e tematizando sua fluidez, os dois pavilhões multimídia por um instante fazem lembrar o *Poeme Eletronique*, pavilhão da Phillips para a Exposição Internacional de 1958, de Le Corbusier e Yannis Xenakis. Após o que, a distinção se apresenta na relação construída entre espaço arquitetônico e as mídias expostas. Enquanto no pavilhão de 1958, a arquitetura é suporte para as imagens e sons transmitidos à revelia dos transeuntes, nos dois pavilhões holandeses, as imagens e sons programados por computador respondem aos eventos que ocorrem em seu interior, tornando o usuário, não o finalizador da obra, pois que esta sempre se altera, mas aquele que após a sua materialização no espaço pelo arquiteto, realiza a obra pelo movimento (espaço-tempo). Para os autores, a arquitetura deixa de ser suporte para se fundir às mídias que dinamicamente alteram o espaço; o limite entre o movimento *no* espaço e o movimento

do espaço. Peter Zellner comenta o assunto citando o próprio Spuybroek:

fg135_02, fg135_03 -
FreshH2O eXPO. Nox-Lars
Spuybroek. Interior;
Exterior e interior

*“Alguns enfaticamente argumentam que pelo fato da arquitetura ser essencialmente estática, ela não pode incorporar ou personificar cinemática, animações ou outra forma de movimento ou energia transformativa. Mas Lars Spuybroek responde que ‘Mídia é um modo de tempo habitado... um movimento conectado com nossos próprios movimentos... nós conservamos na mente que arquitetura foi a primeira máquina, a primeira mídia a conectar comportamento e ação ao tempo...’” [ZELLNER, 1999: p.15]*³⁸

³⁸ *“Some might argue that because architecture is ultimately static, it cannot incorporate or embody kinematics, animation or any other form of movement or transformative energy. But Lars Spuybroek would respond that ‘Media are a way to inhabit time... a movement connected with our own movements... we should keep in mind that architecture was the first machine, the first medium to connect behavior and action to time...’” [ZELLNER, 1999: p.15]*

fg135_04, fg135_05 -
Saltwater Pavillion. Kas
Oosterhuis. Exterior;
Interior

Avançando na questão, para criar uma experiência pública que pudesse captar a inter-relação entre estruturas físicas e virtuais, Oosterhuis em associação com Marcos Novak, concebe o *transPORTs2001*, uma estrutura performática para portos ao redor do mundo, que poderia ser manipulada em um *website* e ter sua forma alterada evolutivamente em tempo real.

Para Lars Spuybroek, a inter-relação entre movimento *no* e *do* espaço inicia na consideração, em projeto, da coexistência de eventos programáticos com outros mais fluidos, caracterizados por “tendências de eventos” ou “eventos tendenciais”, os quais tem a capacidade de dinamizar usos e caracterizações espaciais. Em certa medida, ao propor a flexibilidade do espaço por meio do suporte a novas ocorrências, pretende a superação do conceito de “evento accidental” de Bernard Tschumi que designa comportamentos não previstos que tomam lugar nos espaços pensados programaticamente. O trabalho de Spuybroek passa então a ser projetar estruturas flexíveis aos fluxos de movimentos que, por sua vez, criam outras flexibilidades:

*“Flexibilidade é traduzida em movimento e movimento em flexibilidade. (...) Então, o pressuposto movimento de pessoas, seu movimento potencial é abstraído em linguagem arquitetônica, e este movimento abstrato retorna e se relaciona novamente com o movimento de pessoas (...) O que eu faço é ler a tendência dos corpos humanos para mudar sua mentalidade, ser consciente mais do que apenas de suas intenções momentâneas; Eu leio sua tendência em ser flexível diretamente na arquitetura.” [SPUYBROEK, 2002: p. 244]*³⁹

E cita seu projeto V2_Lab, para um laboratório de mídias em Roterdã, como exemplo. O processo de concepção parte da interação mediada por computador de forças ou tendências entre cinco linhas paralelas, decorrentes da leitura do edifício existente e da pretendida orientação geral do programa. A partir de então,

³⁹ “Flexibility is translated into movement and movement into flexibility. (...) So, the pre-supposed movement of people, their potential movement is abstracted into language of architecture, and that abstract movement loops back and relates again to people’s movement (...) what I do is read the tendency of human bodies to change their mind, to be aware of more than just their momentary intentions; I read their tendency to be flexible directly into architecture.” [SPUYBROEK, 2002: p. 244]

⁴⁰ "... all the movements in the building are 'put in' that machine: around the table, around the doors, coming in, leaving etc. All these movements act upon the lines as forces, and because the lines have material properties in the computer (like rubber), they start twisting, vibrating, and all movements interact with each other. (...) Then the lines are 'read through' the program as given by the client: table, corridor, wall, room etc. So, all the lines give a bit of profile to each of these elements. And because they were connected in the 'rubber' model (...) the table merges with the corridor, one edge gives a clear 'table' definition, the other edge a clear 'corridor' definition, but in between we get a form that is neither or both... It is a movement that is now abstract, an architectural movement, a qualitative change, a morphing of table into corridor, and vice versa. (...) The implied movement of people, the working, the walking, is mapped on to the architectural elements themselves, through a flexible set of lines where it creates a language of movement first, a flexibility of use and form between given architectural element (table, corridor) that is then actualised by different possible movements of people. In the real it means people walk up the table, or they drink their tea there; it's informal behavior, connected to formal behaviour, more loose, more free. It's an architecture that not only articulates planned and foreseen behaviour (working at table, walking through corridor), it also stimulates unforeseen behaviour." [SPUYBROEK, 2002: p. 244-245]

fg135_06 – V2_Lab. Nox-
Lars Spruybroek. vista

" ... todos os movimentos no edifício são "inseridos" na máquina: ao redor da mesa, ao redor das portas, entrando, saindo etc. Todos esses movimentos agem sobre as linhas como forças, e como as linhas têm propriedades materiais no computador (como elasticidade), elas começam a torcer, vibrar, e todos os movimentos interagem entre si. (...) Então as linhas 'interpretam' o programa como fornecido pelo cliente: mesa, corredor, parede, ambiente etc. Assim, todas as linhas dão um pequeno perfil de cada um destes elementos. E como eles são conectados no modelo 'elástico' (...) a mesa se funde com o corredor, um eixo fornece uma clara definição de 'mesa', o outro eixo uma clara definição de 'corredor', mas entre eles nós obtemos uma forma que não é de nenhum ou de ambos... Isto é um movimento que é agora abstrato, um movimento arquitetônico, uma mudança qualitativa, uma mutação de mesa em corredor, e vice-versa. (...) O movimento de pessoas implicado, o trabalho, o caminhar, é mapeado nos próprios elementos arquitetônicos, por meio de um conjunto flexível de linhas onde ele cria primeiro uma linguagem de movimento, uma flexibilidade de uso e forma entre dado elemento arquitetônico (mesa, corredor) que é então atualizado por possíveis diferentes movimentos de pessoas. Na realidade isso significa pessoas andarem sobre a mesa, ou elas tomarem seu chá nela; é um comportamento informal, conectado ao comportamento formal, mais solto, mais livre. É uma arquitetura que não só articula comportamentos planejados e previstos (trabalhar à mesa, andar pelo corredor), ela também estimula comportamentos não previstos." [SPUYBROEK, 2002: p. 244-245] ⁴⁰

A última ocorrência a ser destacada neste item sobre a temática do movimento insere-se integralmente na mobilidade *do* espaço. O arquiteto Greg Lynn do escritório Form é autor do conceito “*animate forms*”, “*definido pela co-presença de movimento e força no momento da concepção formal. Força é uma condição inicial, a causa de ambos, movimento e as inflexões particulares de uma forma*”, o qual materializa em formas topológicas chamadas por ele de “*Blobs*” – bolhas. [LYNN apud ZELLNER, 1999: p.138] ⁴¹

⁴¹ “*is defined by the co-presence of motion and force at the moment of formal conception. Force is an initial condition, the cause of both motion and the particular inflections of a form.*” [LYNN apud ZELLNER, 1999: p.138]

Concebendo a forma como um *medium* de movimento e força, duas noções entram em cena, potência e evolução. Toda forma atual pode se constituir potencialmente em outras formas, ela é virtualmente muitas outras e a passagem entre elas não se dá por mudança brusca de uma imagem estática à outra, mas por transformação ou evolução. A forma torna-se um *frame* em um movimento em sequência.

fg135_07, fg135_08
– Embryo House.
Greg Lynn.
Instalação de peças
de resina; Modelo
Virtual

Sendo o movimento uma das questões fundantes de sua obra, representativa fundamentalmente de seu processo projetual, seu procedimento torna-se paradigmático do item a ser tratado a seguir, o uso de diagramas em projeto arquitetônico, e o faz figurar dentre aqueles que mais adiante novamente serão citados.

1.3.6 metarquitectura – o procedimento projetual por diagramas

O último agrupamento de aproximações diz respeito essencialmente a processos de criação e representação em arquitetura que de algum modo expressam interfaces com os processos de geração de superfícies em Topologia; de outro modo, as possíveis similaridades entre o uso de diagramas em Arquitetura e Topologia. Como constitui o objeto central deste trabalho, a questão será apenas sugerida neste momento, de modo a não avançar em assuntos que serão mais adiante desenvolvidos.

Tomado em seu sentido mais genérico, o diagrama sugere ser o denominador comum dos outros agrupamentos desenvolvidos até aqui (Forma e estrutura – a modelagem algébrica; Continuidade Espacial – a modelagem de superfícies; Continuidade Espacial – a teoria dos grafos; Arquitetura concreta e virtual – as 3+n dimensões espaciais; e Arquitetura, mutável e efêmera – o evento). E em seu sentido mais específico, o de diagrama processual topológico, é mais seletivo, mas pode ainda, de certo modo, ser aproximado a procedimentos específicos dentro de cada um dos outros agrupamentos. Sendo assim, considera-se este item “Metarquitetura” não só mais um agrupamento de aproximações da Arquitetura com a Topologia, mas o que constrói uma possível síntese da aproximação entre os dois campos.

A questão, que se envolve da construção mental da arquitetura, pode ser colocada dentro de um quadro de crescente investigação da ação de projetar e de sua valorização como meio de aplicação e produção de conhecimento, ocorrida principalmente após os anos 1960. Processos heurísticos, resolução de problemas e sistemas de representação, são assuntos centrais em livros paradigmáticos sobre o assunto como: *Notes on Synthesis of Form* de Christopher Alexander (ALEXANDER, 1964) e *Design Thinking* de Peter Rowe (ROWE, 1987). Fato que não está dissociado do desenvolvimento dos primeiros sistemas computacionais eficientes em resolução de problemas e dos primeiros sistemas CAD (*Computer-Aided Design*).

O próprio desenvolvimento dos sistemas computadorizados tem ampliado o espectro de possibilidades de enfrentamento dos problemas projetuais, apresentando outros meios de representação do objeto arquitetônico. Como instrumento de tomadas de decisão, tem-se o avanço dos chamados iCAD's (“CAD's inteligentes”) que além de compreenderem entidades construtivas - não somente as entidades geométricas

fg136_01 - Singularidade H_2 de David Mond. 1993. Washington L. Marar

fg136_02 - Virtual House. 1997. FOA

primitivas – são capazes de apresentar possíveis soluções para problemas colocados. E como meio para investigações intuitivas espaciais e formais, o largo desenvolvimento de softwares gráficos, a partir dos anos 1980, tem ampliado os modos para concepção do espaço arquitetônico.

A ênfase dada aos processos de geração da arquitetura, por um lado, se apresenta como estruturação teórico-operativa do campo disciplinar arquitetônico e, por outro, como largo território para tentativa de incorporação de conceitos advindos das ciências contemporâneas. Em direção à Topologia, compreendendo-a como uma disciplina operativa, o foco é ajustado para os processos de geração de superfícies que sugerem similaridades com certos processos de construção projetual do objeto arquitetônico em arquitetura contemporânea.

Ampliando o foco sobre as operações utilizadas em Topologia para a criação de superfícies, ganha destaque o meio pelo qual as operações se realizam, o diagrama processual topológico. Mais que suporte representacional para as operações, o diagrama topológico é construção que está imersa no mesmo conjunto de regras geométricas e topológicas definidas para o objeto a que remete; assim sendo, o diagrama quer seja uni, bi ou tridimensional condensa em si representação e construção, é simultaneamente processo e produto.

Alguns breves esclarecimentos tornam-se necessários. O uso de diagramas em projeto e leitura de projetos arquitetônicos não remonta à época atual. Nem todo diagrama utilizado em Arquitetura pode ser considerado similar àquele utilizado em Topologia. Nem todo diagrama utilizado em Arquitetura que, de algum modo, faz referência àqueles característicos da Topologia, o fazem de modo consciente ou a partir de considerações conceituais da Topologia.

O diagrama topológico ao incrementar a criação arquitetônica, alterando o paradigma representacional arquitetônico a partir de projeções bidimensionais, parece ter congruência com os processos de geração de objetos por modelagem; em ambos, o objeto é produto de uma sequência de ações e, neste caso, passam a ser indissociáveis. Em sentido inverso, o diagrama pode ser meio para reconstrução do processo de formação do objeto ou para a construção de releituras. A ação define o objeto e este é validado por aquela.

fg136_04 - Très Grande
Bibliothèque, Paris, França,
Concurso, 1989. OMA

fg136_05 - Pavilhão Suíço
na Expo Hannover 2000.
Jauslin-Vehovar

É sintomático que o termo “operação” passe a ter um significado arquitetônico que designa ações projetuais e que o processo seja apresentado em forma de sequência de diagramas – que evidencia todas as operações - tendo um peso similar ao projeto. O mote da forma que segue a função (“*form follows function*”) - criado pelo arquiteto norte-americano Louis Sullivan e tornado engrenagem-mestre do que se convencionou Arquitetura Moderna - cede lugar a outro; para essas arquiteturas construídas por diagramas, a forma segue a operação (“*form follows operation*”). A obra arquitetônica, nesses casos, pode ser lida como último diagrama do processo de operações realizado pelo arquiteto e registro de seu processo: o diagrama torna-se uma meta-arquitetura e a arquitetura uma obra diagramática.

Neste selecionado, pela crescente ênfase que tem sido dada aos processos de projeção e a investigação da incorporação de novas geometrias, diversos arquitetos poderiam figurar. No entanto, como critério de recorte para este grupo tem-se a menção do uso do diagrama com similaridades ao diagrama topológico como meio de projeto e representação, seja ele acompanhado de referências diretas, seja associado a citações da Topologia sem referências diretas a eles.

Por outras interfaces que intencionam com o campo da Topologia, os arquitetos que aqui são alinhados já figuraram em grupos anteriores. Um dos arquitetos que com mais ênfase desenvolve investigações projetuais e teóricas por diagramas, é Peter Eisenman; ação que extensamente apresenta e discute o livro *Peter Eisenman Diagram Diaries* de R. E. Somol [SOMOL, 1999], dedicado à sua obra recente, no qual encontra-se quadro que aponta as operações realizadas para a modelagem de algumas obras. Eisenman tece várias considerações sobre a porção construtiva do diagrama; dentre elas:

*“Como um dispositivo criativo em um processo de design, o diagrama é também uma forma de representação. Mas diferentemente das formas tradicionais de representação, o diagrama como um gerador é uma mediação entre o objeto palpável, um edifício real, e o que pode ser chamada interioridade arquitetônica...O diagrama não é somente uma explanação, como algo que vem depois, mas também age como intermediário no processo de geração do espaço-tempo real.” [SOMOL, 1999: p.27-28]*⁴²

⁴² *“As a generative device in a process of design, the diagram is also a form of representation. But unlike traditional forms of representation, the diagram as a generator is a mediation between a palpable object, a real building, and what can be called architecture’s interiority... The diagram is not only an explanation, as something that comes after, but it also acts as an intermediary in the process of generation of real space and time.” [SOMOL, 1999: p.27-28]*

Os arquitetos já identificados nesta pesquisa sob o mote de modelagens de superfícies com fins de continuidade espacial, em grande parte, se sobrepõem a este grupo, notadamente em algumas obras. Rem Koolhaas (OMA) com a *Très Grand Bibliothèque de Jussieu*, a equipe MVRDV com a *Villa KBWW*, Ben van Berkel (UN Studio) com a *Möbius House* e Alejandro Zaera Polo (FOA) com o *Yokohama Terminal*. E todos de alguma forma também procuram apresentar os conceitos e meios que conformam seus processos projetuais com a publicação de livros como o fizeram Rem Koolhaas com *S,M,X,XL* [KOOLHAAS, MAU, 1997] e Ben van Berkel com *MOVE* [BERKEL, BOS, 1999], ou em monografias de editoras sobre uma de suas obras como *MVRDV en Villa VPRO* sobre este trabalho de MVRDV [ACTAR, 1999], ou *The Yokohama Project* sobre esta obra do FOA [ACTAR, 2002].

fg136_07 – Ferramentas formais – Peter Eisenman

Em MOVE, livro de Berkel tem-se a seguinte referência sobre os diagramas:

⁴³ *"The diagram is not a metaphor or paradigm, but an 'abstract machine' that is both content and expression. This distinguishes diagrams from indexes, icons and symbols. The meanings of diagrams are not fixed. The diagrammatic or abstract machine is not representational. It does not represent an existing object or situation, but it is instrumental in the production of new ones."* [BERKEL, BOS, 1999: p.21]

"O diagrama não é uma metáfora ou paradigma, mas uma 'máquina abstrata' que é simultaneamente conteúdo e expressão. Isto distingue diagramas de índices, ícones e símbolos. Os sentidos dos diagramas não são fixos. A máquina diagramática ou abstrata não é representacional. Não representa um objeto ou situação existente, mas é instrumental na produção de novos." [BERKEL, BOS, 1999: p.21] ⁴³

Em S,M,X,XL, livro que intensamente expõe o trabalho – e o ambiente de trabalho - de Rem Koolhaas (OMA), os diagramas de seus projetos são amplamente reproduzidos. De modo geral, são representações gráficas de referências projetuais, informações programáticas – do programa arquitetônico – e características urbanas e sócio-econômicas do território de inserção da obra, meios visuais que evidenciam e condensam dados a serem manipulados em projeto. Como exemplo, em seu projeto de intervenção urbana para Yokohama, denominado *Programmatic Lava*, Koolhaas mapeia as intensidades de uso do sítio durante as 24 horas diárias e desvenda quando e como os espaços são utilizados. Graficamente, estrutura como programas contíguos ou não relacionados podem passar a se relacionar, quer sobrepondo-se, quer ocupando o mesmo espaço em tempos distintos. Os diagramas, então, passam a ser meios que tornam evidentes novas possibilidades de conexões entre espaços e programas, as quais são posteriormente investigadas com o uso de superfícies contínuas que permitiriam a desejada fusão de programas ou "lava programática".

Concepção de diagrama que diretamente influencia o trabalho do escritório MVRDV, do qual dois sócios trabalharam junto ao OMA. No MVRDV, o processo de projeto por diagramas se desenvolve sob o conceito de *"datascape"*, que corresponde a uma paisagem de dados, isto é, dados e eventos conformam elementos dinâmicos que transformam a paisagem arquitetônica – e, em última instância, em uma paisagem de dados. E o processo de projeto passa, por essa concepção, a centrar-se na iteração de dados correlacionados a eventos que ocorrem no espaço arquitetônico.

Por fim, dentre os arquitetos que trabalham sobre a temática da incorporação do movimento na arquitetura, três tem destacada importância neste agrupamento referente ao processo projetual por diagramas exatamente pela investigação do movimento: como parâmetro projetual e de representação, em Bernard Tschumi e Lars Spuybroek, e como ferramenta projetual, em Greg Lynn. A noção de diagrama em Tschumi está diretamente associada aos eventos que a arquitetura suporta e às operações projetuais em que eles são sugeridos:

“...se a leitura de arquitetura inclui os eventos que nela tomam lugar, deve ser necessário dispor de modos para notação destas atividades. Diversos modos de notação foram inventados para suprir as limitações de plantas, cortes ou axonometrias. Notação de movimento deriva de coreografia, e marcações simultâneas derivam da notação musical que foi elaborada para propósitos arquiteturais.

Se notação de movimento usualmente procede de nosso desejo de mapear o movimento presente dos corpos no espaço, ele crescentemente torna-se um signo que não necessariamente refere-se a estes movimentos, mas leva à idéia de movimento – uma forma de notação que está lá para relembrar que arquitetura é também sobre o movimento de corpos no espaço, que sua linguagem e a linguagem das paredes são em última instância complementares. Usando notações de movimento como um meio de relembrar questões tem o intuito de incluir códigos novos e estereotipados em desenhos arquitetônicos e, por extensão, em sua percepção: sobreposição, justaposição e superposição de imagens propositalmente enevoam as relações convencionais entre planta, convenções gráficas e seus sentidos no ambiente construído. Crescentemente os desenhos têm se tornado simultaneamente a notação de uma realidade arquitetônica complexa e desenhos (obras de arte) em seu próprio sentido, com seu próprio campo de referência, deliberadamente colocando-se à parte das convenções de plantas e cortes arquitetônicos.”

[TSCHUMI, 1996: p.148] ⁴⁴

⁴⁴ *“... if the reading of architecture was to include the events that took place in it, it would be necessary to devise modes of notating such activities. Several modes of notation were invented to supplement the limitations of plans, sections, or axonometrics. Movement notation derived from choreography, and simultaneous scores derived from music notation were elaborated for architectural purposes.*

If movement notation usually proceeded from our desire to map the actual movement of bodies in spaces, it increasingly became a sign that did not necessarily refer to these movements but rather to the idea of movement – a form of notation that was there to recall that architecture was also about the movement of bodies in space, that their language and the language of walls were ultimately complementary. Using movement notation as a means of recalling issues was an attempt to include new and stereotypical codes in architectural drawing and, by extension, in its perception; layerings, juxtaposition, and superimposition of images purposefully blurred the conventional relationship between plan, graphic conventions and their meaning in the built realm. Increasingly the drawings became both the notation of a complex architectural reality and drawings (art works) in their own right, with their own frame of reference, deliberately set apart from the conventions of architectural plans and sections.”

[TSCHUMI, 1996: p.148]

E especificamente quanto à incorporação do movimento na representação aproxima-se do cinema:

“Analogias com filmes são convenientes, desde quando, pela primeira vez, o mundo do cinema introduziu descontinuidade – um segmento do mundo no qual cada fragmento mantém sua própria independência, permitindo assim uma multiplicidade de combinações. Em um filme, cada frame (ou fotograma) é colocado em contínuo movimento. Inscrevendo movimento por meio da rápida sucessão de fotogramas forma-se o cinegrama. (...) Continuidade e superposição de cinegramas são dois aspectos da montagem. Montagem, como uma técnica, inclui semelhantes dispositivos como repetição, inversão, substituição e inserção” [TSCHUMI, 1996: p.196-197] ⁴⁵

⁴⁵ *“Film analogies are convenient, since the world of the cinema was the first to introduce discontinuity – a segment world in which each fragment maintains its own independence, thereby permitting a multiplicity of combinations. In film, each frame (or photogram) is placed in continuous movement. Inscribing movement through the rapid succession of photograms constitutes the cinegram. (...) Continuity and superimposition of cinegrams are two aspects of montage. Montage, as a technique, includes such other devices as repetition, inversion, substitution, and insertion”* [TSCHUMI, 1996: p.196-197]

fg136_08 – Fireworks for
la Vilette, Paris. 1991.
Bernard Tschumi

O diagrama, para Lars Spuybroek, é uma estrutura organizacional de dados selecionados que mantém relações dinâmicas entre si – em movimento. Conceito que em muito se aproxima do conceito de diagrama processual topológico que será desenvolvido adiante, no Capítulo 2:

⁴⁶ “What I do is building a machine, almost always in the computer, what one should call a ‘virtual whole’, a matrix, a geometric system where all relations are set but not fixed, and then all the information is processed over time. Sometimes in an animation, sometimes in a machine-like procedure of interlocking steps, like a series of algorithms. The whole is like a matrix: it’s a system of relations and if one changes one thing, the rest changes too.” [SPUYBROEK, 2002: p.244]

“ O que eu faço é construir uma máquina, quase sempre no computador, a qual deve evocar um ‘conjunto virtual’, uma matriz, um sistema geométrico no qual todas as relações estão selecionadas mas não fixas, e então toda a informação é processada continuamente. Algumas vezes em uma animação, algumas vezes em um procedimento de passos interdependentes similar a uma máquina, como uma série de algoritmos. O conjunto é como uma matriz: é um sistema de relações e se uma coisa se altera, o resto se altera também.” [SPUYBROEK, 2002: p.244] ⁴⁶

Em Greg Lynn, o diagrama é o *frame*, instante formado por energia potencial e cinética que, por conseguinte, origina outros frames e no todo, suas *Animate Forms*. A aproximação que faz do diagrama topológico se realiza, quando num dado momento, faz distinção entre a simples incorporação do movimento e aquela que gera a evolução

e que compõe seu conceito de animação:

“Animação é um termo que difere de, mas é muitas vezes confundido com, movimento. Se movimento implica deslocamento e ação, animação implica a evolução de uma forma e suas forças formadoras; isto sugere animalismo, animismo, desenvolvimento, atualização, vitalidade e virtualidade.” [LYNN, apud ZELLNER, 1999: p. 138] ⁴⁷

⁴⁷ “Animation is a term that differs from, but is often confused with, motion. While motion implies movement and action, animation implies the evolution of a form and its shaping forces; it suggests animalism, animism, growth, actuation, vitality and virtuality.” [LYNN, apud ZELLNER, 1999: p. 138]

Em linhas gerais, para o momento, pode-se considerar que o diagrama topológico possui dois caracteres em sua genealogia - e com esta dimensão deve ser investigado. Um caráter construtivo-representacional que excede a sua filiação topológica e diz respeito a sua constituição como diagrama, de onde vem grande parte de sua estrutura enquanto linguagem. E um caráter construtivo-representacional que, para além de seu caráter de diagrama, diz respeito à sua constituição como topologia, que em pequena parte se sobrepõe ao primeiro, mas em muito o amplia, tanto pela introdução de operações quanto de conceitos topológicos (Ver no Capítulo 2, item 2.2.2.1, os conceitos de **Homeomorfismo**, **Soma conexa**, **Continuidade**, **Conectividade**).

fg136_09 – Parc la Vilette: Programmatic deconstruction: the largest common denominator = the folie. Bernard Tschumi

1.4 topologia apropriada - uma leitura crítica de outras leituras

As transformações por que passam as sociedades e culturas contemporâneas, primordialmente pela crescente introdução de interfaces computadorizadas que realizam a mediação entre pessoas-e-pessoas e pessoas-e-objetos, têm, segundo alguns dos diversos autores que as diagnosticam e conceitualizam como o urbanista e filósofo Paul Virilio e o também filósofo francês Pierre Lévy, alterado radicalmente os parâmetros pelos quais a realidade é apreendida. Velocidade, virtualidade, interatividade, desterritorialização são alguns dos conceitos mais requeridos para a compreensão da contemporaneidade e que são extensamente desenvolvidos em obras como *O Espaço Crítico* [VIRILIO, 1993], *O que é o Virtual?* [LÉVY, 1996] e *Cibercultura* [LÉVY, 1999].

Para Virilio, a Arquitetura, imersa nesse contexto, estaria mudando radicalmente de paradigmas:

“Privado de limites objetivos, o elemento arquitetônico passa a estar à deriva, a flutuar em um éter eletrônico desprovido de dimensões espaciais, mas inscrito na temporalidade única de uma difusão instantânea.” [VIRILIO, 1993: p.09-10]

A sensibilidade para algumas decorrentes transformações nos limites da disciplina arquitetura tem movido arquitetos a uma necessária reflexão sobre a (re)inserção de sua atividade no panorama que se diagnostica, a investigar novas fronteiras em uma realidade movente. Ação que - como já desenvolvido no início deste capítulo - historicamente constitui movimento da humanidade a compreender a si mesma, e da disciplina a co-participar das questões que configuram o seu tempo presente. O contato com outras áreas do conhecimento acaba por gerar zonas de inter-relação e influência, favorecendo a incorporação e apropriação de conceitos e/ou terminologias externos na prática arquitetônica.

A reflexão de vanguarda tem simultaneamente o mérito de, em primeira mão, apontar as questões do próximo presente e a complexidade de lançar mão de conhecimentos ainda não sedimentados. Fatos que levantam a responsabilidade que recai sobre si por colocar-se não como conhecimento trivial e sedimentado, mas como ensaio, conhecimento em construção. Sensível a este duplo entre mérito e reponsabilidade especificamente no campo arquitetônico, o crítico Charles Jencks lança algumas questões relevantes em número da revista *Architectural Design* dedicado à aproximação da arquitetura às “novas ciências”.

“Cada um levanta questões críticas sobre o papel da metáfora em arquitetura: que é, escolher e modificar uma linguagem em variação contínua e descobrir novos significados inerentes ao uso. Nova ciência = nova linguagem = novas metáforas. Arquitetura não só reflete um paradigma diferente de pensamento, mas ela mesma torna-se uma disciplina de conhecimento em desdobramento (...) isso também pode tomar responsabilidade sobre invenções metafóricas. Outra questão é se o paradigma é conscientemente procurado ou não: estamos observando apenas um paralelo entre ciência e arquitetura ou algo mais profundo? É somente uma questão de utilização de computadores e projetar edifícios curvos – um modismo – ou mudança na paisagem mental? (...) Sendo específico: quanto os arquitetos entendem de fractais, teorias emergentes, dobras, não-linearidade e sistemas auto-organizáveis? Quanto isto é uma tendência formalista? Podem eles fornecer uma nova iconografia, um novo estilo e conjunto de significados?” [JENCKS, 1997: p.07] ⁴⁸

⁴⁸ *“Each one raises critical questions about the role of metaphor in architecture: that is, choosing and modifying a language in continuous variation and discovering new meanings inherent in the use. New Science = new language = new metaphors. Architecture not only reflects a different paradigm of thought but itself becomes a discipline of unfolding knowledge. (...) Another issue is whether the paradigm is consciously pursued or not: are we seeing merely a parallel between science and architecture or something deeper? Is it only a question of using computers and designing curved buildings – a fashion – or change in the mental landscape? (...) To be specific: how much do architects understand fractals, emergence theory, folding, nonlinearity and self-organization systems? How much is this a formalist trend? Can they furnish a new iconography, a new style and set of meanings?” [JENCKS, 1997: p.07]*

O arquiteto, em sua atividade, é uma espécie de tradutor, um transcriador. Mesmo quando não se dá conta, faz uso de linguagens as mais diversas, das não-verbais às verbais e vice-versa, e a arquitetura assim produzida condensa conteúdo: as seqüências dinâmicas de traduções que se fundem no objeto. Da Matemática, por exemplo, vem não só o suporte da geometria como ferramenta de projeto, mas também, associada a outros critérios de análise, alguns instrumentos de decodificação do objeto arquitetônico, desde os níveis de percepção da forma até o empréstimo de termos de sua área para a produção do discurso sobre o objeto.

Eixos, linha, superfície, prisma, volume, projeção... Mesmo passíveis de incorreções ou generalidades em seu uso, diversos termos de geometria estão há muito incorporados no meio arquitetônico. Com o recente estreitamento de relações da Arquitetura com a Topologia - um campo específico da geometria - um movimento similar pode ser observado: começa a fazer parte não só do repertório formal, mas do repertório verbal do arquiteto conceitos utilizados em Topologia. E podem ser apontados os fatores que contribuem para que esse uso por parte dos arquitetos careça de maior aprofundamento teórico.

De antemão, a Topologia é uma disciplina instigante, mas está longe de ser trivial, mesmo para os matemáticos. Para os arquitetos, então, qualquer diálogo com essa área do conhecimento demanda não só criterioso estudo teórico como também alguma experimentação empírica. Além desse fato, ela fornece ferramental para o entendimento e manipulação de relações espaciais invariantes sob alteração da forma, algo caro aos

arquitetos na investigação do novo não só para o projeto do objeto arquitetônico, mas para a reflexão teórica. Porém a tradução da forma, como imagem, se realiza instantaneamente, o que não é possível com o conteúdo, que demanda tempo e decantação. A mudança da paisagem mental - usando as palavras de Jencks – denota necessariamente a associação entre imagem e conteúdo, o que de contrário, pela imagem torna-se formalismo e pelo conteúdo mera retórica.

Procurando trazer maior embasamento às traduções construídas neste trabalho, buscou-se em todo o processo mesclar percursos: a observação do meio onde aparecem signos estrangeiros e sua decodificação, fazendo referência ao campo da Arquitetura e a construção do conhecimento prévio mínimo do campo estrangeiro, para então levar contribuições. O desejo por rigor na construção de diálogos entre os dois campos, fazendo com que todo e qualquer termo ou conceito mantenha seu significado inicial e que ele seja explicitado ao leitor, permite ao trabalho fazer frente a outros trabalhos encontrados na pesquisa – alguns serão citados aqui – que, mesmo tendo o mérito da vanguarda, não sustentam os significados originais ou utilizam conceitos, fiéis ou não, a partir do pressuposto de que fazem parte do repertório do leitor, o que quase sempre não é verdade. Duas ações que contribuem para tornar a Topologia um falso senso comum na Arquitetura e em nada auxiliam para a desmitificação do tema.

⁴⁹ Além de Jacques Derrida, Jean-François Lyotard e Michel Serres que são comentados no livro, alguns autores recebem capítulos a parte no livro de Sokal, dentre eles estão Jacques Lacan (cap. 1), Julia Kristeva (cap. 2), Luce Irigaray (cap. 4), Bruno Latour (cap. 5), Jean Baudrillard (cap. 7), Paul Virilio (cap. 9), Gilles Deleuze e Félix Guattari (cap. 8); são autores que não se autodenominam pós-modernos, mas sobre os quais é construído o discurso pós-moderno: *“o fato de estes autores abusarem de termos e conceitos técnicos das ciências físicas e da matemática para defenderem certas teses filosóficas e políticas pode, pelo menos, lançar algumas suspeitas sobre a honestidade intelectual da corrente pós-moderna” (...)* Em suma, Sokal e Bricmont propõem-se desconstruir a reputação que estes textos têm de que são difíceis porque são profundos. Afinal, se muitas vezes eles parecem incompreensíveis talvez seja porque não dizem realmente nada” [BIZARRO, 1999]. Dentre os autores citados cabe destacar Jacques Lacan pelo extenso uso que fez da topologia para a explicação de conceitos da psicanálise e que foram transcritos no livro GRANON-LAFONT, Jeanne. A Topologia de Jacques Lacan. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1990.

Nesse sentido, este trabalho se pautou pelo entendimento de que mais vale estabelecer um menor número de relações, que realizar um maior número de pontes que, se testadas em um dos seus lados, não se sustentam. O trabalho intenta, então, seguir ao largo do uso superficial de conceitos das ciências exatas para o embasamento de teorias das ciências humanas, para o qual alertam os físicos Alan Sokal e Jean Bricmont em seu livro *Imposturas Intelectuais* ⁴⁹ [SOKAL, BRICMONT, 1999] que, apesar de todos os debates acalorados sobre seu trabalho, faz pelo menos, levantar suspeitas sobre os critérios e a profundidade de parte da produção filosófica pós-moderna. Sara Bizarro [BIZARRO, 1999], em comentário sobre as *Imposturas*, destaca aquelas que os autores citam como as mais freqüentes:

- “1. Os autores usam uma terminologia científica sem saberem bem o que ela significa.
2. Os autores importam noções das ciências exatas sem darem a mínima justificação empírica ou conceptual para essa importação.
3. Os autores exibem uma erudição superficial atirando sem pudor palavras complicadas à cara do leitor em contextos em que essas palavras não têm qualquer pertinência A finalidade é provavelmente a de impressionar e intimidar o leitor que não tem conhecimentos científicos.
4. Os autores manipulam frases sem sentido e usam indiscriminadamente jogos de palavras provocando uma verdadeira intoxicação verbal combinada com uma indiferença soberba pelo significado que essas palavras possam ter.”

Muito similar ao que Jorge Almeida [ALMEIDA, 1997: p.70] destaca das afirmações de David Harvey sobre a construção do texto pós-moderno:

“Harvey apresenta várias manifestações, discursos, práticas e estilos pós-modernistas, em diversos campos, que seriam suas características, como, entre outras: o efêmero, o fragmento, a auto-ironia, a indeterminação, a dispersão, a antinarrativa, o estético em prejuízo do ético, a colagem/montagem, a desconstrução e a dupla leitura de textos, o pastiche, a sátira, o humor, a anarquia e quebra de hierarquias, o rompimento de fronteiras do gênero literário, o rizoma (superfície) e não a raiz (profundidade), a mutação e esquizofrenia, a performance e interpretação recombinação da obra, o marketing, o espetáculo, etc”.

Com a mesma preocupação, a da crescente superficialidade de uso dos conceitos matemáticos em sua época – no caso, pelos próprios matemáticos –, Sir Thomas L. Heath, na introdução da edição dos *Elementos de Euclides* para a língua inglesa [HEATH, 1906] , remonta a Aristóteles, que há pelo menos vinte séculos já apresentava um elenco de requisitos para a construção de uma definição científica e critérios de verificação de uma definição não-científica. Dois excertos auxiliam a compreensão dos requisitos e critérios de Aristóteles; o primeiro referente a uma definição científica:

“... uma definição deve ser expressa em termos de elementos que lhe são prévios, e melhores conhecidos que as coisas definidas. Isto é evidente, desde que o objeto de uma definição seja nos dar conhecimento sobre a coisa definida, e é por significados prévios e melhores conhecidos de coisas que nós adquirimos novo conhecimento...” [HEATH, 1906: p.146-148] ⁵⁰;

⁵⁰ “... a definition must be expressed in terms of things which are prior to, and better known than, the things defined. This is clear, since the object of a definition is to give us knowledge of the thing defined, and it is by means of things prior and better known that we acquire fresh knowledge...” [HEATH, 1906: p.146-148]

e o segundo a respeito de uma definição não-científica: *“é aquela na qual há uma circularidade em torno do uso inconsciente da própria definição da noção a ser precisada, todavia não do nome.”* [HEATH, 1906: p.146-148] ⁵¹ Em 1950, o escultor Max Bill, aponta para um

⁵¹ “... there is a complete circle through the unconscious use in the definition itself of the notion to be defined though not of the name.” [HEATH, 1906: p.146-148]

fato correlato acontecendo nas artes plásticas:

“O conceito se esclarece se se pensar que uma grande parte das obras atribuídas a influências matemáticas distam muito de ser exemplares em seu gênero, tudo parece focalizá-las mais como resultado de aspirações espontâneas em circunstâncias especiais que como consequência de uma depurada compreensão dos meios usados. Creio que é possível desenvolver uma arte de ampla base matemática”. [BILL, 1950]

Algumas desconexões entre as referências de arquitetura contemporânea consultadas e os estudos no campo da Topologia realizados durante o percurso desta pesquisa – e que apresentam-se sistematizados no Capítulo 2 em item dedicado à conceitos da Topologia (2.2.2.1) -, mostraram a pertinência, após a apresentação de um breve panorama das traduções Arquitetura-Topologia, da realização de uma leitura crítica de algumas apropriações da Topologia realizadas por arquitetos. Não se pretende aqui exaurir os comentários críticos sobre as obras em questão, o que não constitui o objeto desta pesquisa. Apenas, com a seleção de algumas poucas, consideradas de relevância, apontar para a necessidade de uma leitura cuidadosa do que é produzido na área, evitando-se a simples e direta aceitação, sem avaliação crítica, de teorias arquitetônicas.

O termo hipersuperfície é talvez uma das principais referências à Topologia em Arquitetura Contemporânea. A conceituação utilizada descende de pesquisas (entre elas o doutorado) desenvolvidas pelo arquiteto Stephen Perrella, presidente do *HyperSurface Systems, Inc.* (New York, NY), empresa de design de tecnologia para Internet criada para explorar novas interfaces arquitetônicas. Como já citada neste capítulo, sua *Hypersurface Theory* [PERRELA, 1998] procura delinear novas condições contemporâneas que condensam na superfície arquitetônica novos paradigmas culturais e, dentre eles, o que chama a ativação das superfícies por meio da “*topologização da forma arquitetônica*”. Seu conceito de hipersuperfícies tem então filiação direta da conceituação topológica, que procura “ampliar” em termos culturais e arquitetônicos e da qual se refere da seguinte maneira:

⁵² *“In mathematics, a hypersurface is a surface in hyperspace but in the context of this journal the mathematical term is existentialised. Hyperspace is four + dimensional space, but here hypersurfaces are rethought to render a more complex notion of space-time-information. This reprogramming is motivated by cultural forces that have the effect of superposing existential sensibilities onto mathematical and material conditions, especially the recent topological explorations of architectural form.” [PERRELA, 1998: p.08]*

*“Em matemática, uma hipersuperfície é uma superfície no hiperespaço, mas no contexto deste artigo o termo matemático é existencializado. Hiperespaço é um espaço 4 + dimensional, mas aqui hipersuperfícies são reconsideradas para dar uma noção maior do espaço-tempo-informação. Esta reprogramação é motivada por forças culturais que tem o efeito de sensibilidades existenciais superpostas sobre condições matemáticas e materiais, especialmente as recentes explorações topológicas da forma arquitetônica.” [PERRELA, 1998: p.08]*⁵²

Antes de propor a consideração do termo hipersuperfície em termos existenciais, Perrela procura apresentar o conceito matemático, o que faz de maneira equivocada. Em Topologia, uma hipersuperfície não é “uma superfície no hiperespaço”, mas apenas e tão somente é qualquer superfície – entidade de dimensão 2 – em um ambiente tridimensional, onde apresenta apenas um grau de liberdade, o que não seria possível num espaço com quatro ou mais dimensões, onde apresentaria mais de um grau de liberdade. O conceito de hipersuperfície deixa então de ter qualquer conotação “fora do comum”, associada ao hiperespaço – como se poderia supor – e pode ser representada por qualquer superfície no espaço cotidiano, como uma folha de papel ou uma caixa de papelão. Após apresentar parte do seu campo de referência, o texto continua:

“O próprio sentido matemático do termo hipersuperfície é discutido aqui como sendo alterado por uma dinâmica subversiva inerente ao capitalismo. Enquanto em matemática, hipersuperfície existe em ‘maiores’ ou hiperdimensões, a abstração dessas dimensões matemáticas está se mudando, desertando, ou transferindo para dentro de nosso contexto cultural habitual. Situada neste renovado contexto, hipersuperfície vem definir uma nova condição para ações humanas, de pós-humanismo: a qual resulta dos mecanismos internos da cultura de consumo, transformando assim condições prévias de uma estabilidade assumida. Ao invés de significar maior em um contexto abstrato, o significado de ‘Hiper’ alterou-se. Em ambos contextos, abstração ideal e mundo cotidiano, operação está em relação com o espaço tridimensional normal (x, y, z). Em matemática há direção, progressões lógicas de maiores a menores dimensões. Em um contexto existencial, hiper deve ser entendido como resultado de um mundo cotidiano conflituoso assim como ele muda as dimensões normativas do espaço tridimensional, dentro do construto dominante que organiza a cultura. No espaço matemático abstrato nós temos construtos ‘dimensionais’, em termos culturais nós temos configurações ‘existenciais’; mas a dominância do modelo matemático está começando a se contaminar, pois o domínio abstrato não pode mais ser mantido em isolamento. A deserção do significado de hipersuperfície, conforme ele muda para um maior sentido cultural/existencial, acarreta uma releitura da matemática. (Isto é similar ao que motivou Deleuze a reler Leibniz). Esta deserção é uma desconstrução de um domínio simbólico para um outro habitado; não por um sentido casual: ela surge e é sintomática da falência de nossos sistemas operantes para negociar as demandas colocadas sobre ela. Se for possível descrever

⁵³ *“The proper mathematical meaning of the term hypersurface is discussed here as being challenged by an inherently subversive dynamic within capitalism. While in mathematics, hypersurfaces exist in ‘higher’, or hyperdimensions, the abstractness of these mathematical dimensions is shifting, defecting or devolving into our lived cultural context. Situated in this newly prepared context, hypersurface comes to define a new condition of human agency, of post-humanism: one that results from the internal machinations of consumer culture, thereby transforming prior conditions of an assumed stability. Instead of meaning higher in an abstract sense, ‘Hyper’ means altered. In both contexts, ideal abstraction and the life-world, operation is in relation to normal three-space (x,y,z). In mathematics there are direct, logical progressions from higher to lower dimensions. In an existential context, hyper might be understood as arising from a lived-world conflict as it mutates the normative dimensions of three-space, into the dominant construct that organises culture. In abstract mathspace we have “dimensional” constructs, in cultural terms we have ‘existential’ configurations; but the dominance of the mathematical model is becoming contaminated because the abstract realm can no longer be maintained in isolation. The defection of the meaning of hypersurface, as it shifts to a more cultural/existential sense, entails a reworking of mathematics. (This is similar to what motivates Deleuze to reread Leibniz.) This defection is a deconstruction of a symbolic realm into a lived one; not through any casual means: it arises and is symptomatic of the failure of our operative systematics to negotiate the demands placed upon it. If one could describe an event whereby cultural activities could act upon abstractions so as to com-*

mute the normative, etymological context into a context of lived dynamics, what activity has that capability? The term hypersurface is not simply attributed new meaning, but instead results from a catastrophic defection from a realm of linguistic realm (mathematics). If ideals, as they are held in a linguistic realm, can no longer support or sustain their purity and disassociation, then such terms and meanings begin, in effect, to 'fall from the sky'. This is to describe the deterritorialisation of idealization, into a more material real. In the new sense for hypersurface, 'hyper' is not in binary relation to surface, it is a new reading that describes a complex condition within architectural surfaces in our contemporary life-world" [PERRELA, 1998: p.08]

um evento por meio de atividades culturais que podem agir sobre abstrações assim como comutar a normativa, de um contexto etimológico para um contexto de dinâmicas vividas, que atividade tem esta capacidade? Ao termo hipersuperfície não é simplesmente atribuído um novo significado, mas em vez disso resulta de uma deserção catastrófica do domínio de uma lingüística idealizada (matemática). Se imaginados, como são tomados em um domínio lingüístico, não podem mais suportar ou sustentar sua pureza e dissociação, então estes termos e significados começam, em efeito, a 'despencar do céu'. Isto é para descrever a deterritorialização da idealização em um real mais material. No novo sentido de hipersuperfície, 'hiper' não está em uma relação binária com a superfície, é uma leitura que descreve uma condição complexa dentro das superfícies arquitetônicas em nosso mundo cotidiano contemporâneo." [PERRELA, 1998: p.08]⁵³

A transcrição desse longo trecho do texto *"Hypersurface Theory: Architecture >< Culture"* de Perrela se justifica por ser nele que o autor apresenta as "definições matemáticas" dos termos a partir dos quais, além de outras referências, inicia a construção de seu conceito de hipersuperfície. Pode-se considerar esta parte do texto como aquela em que apresenta os dados com que desenvolverá seu raciocínio: seu campo de reflexão – a imbricada relação entre Arquitetura e Cultura no mundo contemporâneo –; seus aportes teóricos – explicitamente, a Matemática e, implicitamente, a Filosofia –; seus objetos de leitura e inferência – a Ciência, a Cultura e a Arquitetura sob influência do capitalismo.

A estrutura do trecho pode ser esquematicamente montada em três atos: a seleção, dentro do aporte teórico, de um termo base de significação; a construção de um contexto cultural em constante transformação que exige e propõe novos termos e significados que acompanhem essas mesmas transformações; e finalmente a reelaboração do significado do termo inicial e a proposição de seu novo campo de significação. Dentro da estrutura montada pelo autor, cabem breves considerações sobre alguns de seus aspectos conceituais, intentando contribuir para o esclarecimento da validade do aporte matemático utilizado. Muito se tem escrito sobre o contexto cultural atual e seus reflexos no pensar/fazer e no objeto arquitetônicos; complexidade e velocidade são alguns dos paradigmas da atualidade que parecem pedir uma reconsideração da Arquitetura. Complexidade das relações do mundo contemporâneo e complexidade dos eventos naturais apresentada pelas ciências; velocidade suportada pelas novas tecnologias de telemática e promovida pelo sistema econômico globalizado vigente.

A resposta, ou incorporação, que parece vir da Arquitetura, - também já comentada por alguns autores, dentre eles Perrela – é a da reconsideração da forma, e o mesmo Perrela vai além, da superfície, que seria anterior à própria forma como primeiro ambiente

comunicativo. Complexidade e velocidade são, seguindo esse pensamento, incorporados pela superfície por meio de sua ‘hipertrofia’ promovida pela incorporação de “características topológicas” e dos meios telemáticos. Ambos promoveriam uma “ativação das superfícies” arquitetônicas, em profundidade – espessura – e em superfície – dobra e continuidade.

O repensar o objeto arquitetônico sugerido pelo texto de Perrela a partir do contexto colocado se faz simultaneamente à reelaboração contemporânea da teoria da arquitetura, na qual seu texto se insere, pela incorporação desses mesmos paradigmas, complexidade e velocidade, em duas instâncias já citadas, profundidade e superfície. Para superar essas e outras relações dicotômicas – imagem/forma, dentro/fora, estrutura/ornamento – seria necessária, para Perrela, a (re)consideração do termo hipersuperfície, transferindo-o da Topologia, um campo abstrato, para a Arquitetura, um campo existencial; ação que tem como pano de fundo a motivação pela construção da teoria da Arquitetura, como um campo disciplinar autônomo em sintonia com o “espírito do tempo”.

Complexidade e velocidade normalmente têm induzido a teoria arquitetônica ao binômio “de fora” / “novo” e colocam um desafio: a necessidade de um conhecimento mínimo das áreas envolvidas na transferência de conceitos o que, em se tratando das ciências, representa trabalho de monta. O texto de Perrela procura ser inclusivo quanto a referências que vão da Matemática à Filosofia e atento ao contexto cultural contemporâneo, respondendo a esse contexto complexo com complexidade retórica. E pelo menos quanto à Topologia, encobre certa superficialidade do emprego dos conceitos, fazendo lembrar as colocações de Alan Sokal quanto à construção do conhecimento pós-moderno [SOKAL, BRICMONT, 1999]. Em relação à Topologia, caberia em seu texto o delineamento de conceitos básicos para possibilitar o entendimento, à luz desses conceitos, do que seja “*topologização da forma arquitetônica*” (*topologising of architectural form* - p.11), “*topologia arquitetural*” (*architectural topology* - p.11) ou “*topologia material*” (*material topology* – p.13), entre outros, além, é claro, da correta definição do conceito de hipersuperfície na Topologia, de onde toma o termo.

Alguns questionamentos a partir do texto de Perrela são então possíveis: se uma teoria autônoma se constrói com embasamento em outro campo disciplinar e o faz a partir de conceitos tomados com incorreção ou com certo grau de generalidade, como se dão os critérios de validade? Se a ampliação de significação de um termo conceitual após a transposição de fronteiras disciplinares é realizada por sucessivas aproximações entre um campo abstrato, onde seu significado de origem tomado não é correto, e um campo existencial, essa ampliação se efetiva? Se determinado conceito após tradução interdisciplinar, perde qualquer vínculo com sua significação de origem, é ainda o mesmo

conceito e deve ainda fazer referência ao seu campo de atuação primeiro? Mais especificamente, a consideração correta dos termos topológicos poderia implicar numa reconsideração de sua “teoria das hipersuperfícies” como um todo ou em parte? Pelo viés da proposição da deterritorialização e desconstrução dos termos e a contaminação do abstrato pelo existencial citados pelo autor, a consideração incorreta do conceito de hipersuperfície em Topologia, já pertence a essas ações e passa a ter validade?

Algo correlato encontra-se na descrição que faz Marcos Novak a respeito de seu procedimento projetual e que será novamente citada:

⁵⁴ *“My algorithmic explorations of tectonic production are concerned less with the manipulation of objects and more with the manipulation of relations, fields, higher dimensions, and eventually, the curvature of space itself. Once the architecture of objects has been set aside in favour of an architecture of relations, the notions of hyperspace and hypersurface become natural. (...) Typically, I compute or find a field of forces or data, scan it for isosurfaces, extrude the isosurface of higher dimensions, transform the new higher dimensional hyperobjects in the hyperspace, project the object in a space of fewer dimensions – a hypersurface of the hyperspace – and then, finally, warp the spatial matrix itself into a new curvature of space.”* [NOVAK, 1998: p.89]

“Minhas explorações algorítmicas de produções tectônicas são menos preocupadas com a manipulação de objetos e mais com a manipulação de relações, campos, maiores dimensões, e eventualmente, a própria curvatura do espaço. Desde que a arquitetura de objetos foi posta de lado favorecendo uma arquitetura de relações, as noções de hiperespaço e hipersuperfície tornam-se naturais. (...) Genericamente, eu computo ou encontro um campo de forças ou dados, exploro-o por isosuperfícies, extrudo as isosuperfícies de dimensões superiores, transformo o novo hiperobjeto de dimensões superiores no hiperespaço, projeto o objeto em um espaço de menores dimensões – uma hipersuperfície do hiperespaço – e, então, finalmente, deforms a própria matriz espacial em uma nova curvatura do espaço.” [NOVAK, 1998: p.89]⁵⁴

Nesse texto encontra-se uma sequência de imprecisões quanto ao uso de conceitos topológicos. Após uma interessante introdução a respeito de uma arquitetura de relações, o arquiteto julga serem do domínio comum os conceitos de hiperespaço e hipersuperfície, o que mais adiante se mostra um equívoco. O próprio autor ao usar a expressão “*uma hipersuperfície do hiperespaço*”, não leva em conta a impossibilidade de sua ocorrência. Como já descrita, uma superfície só é considerada uma hipersuperfície num ambiente de dimensão 3, distinto do hiperespaço que denota maiores dimensões. Fica pois evidente que a concepção de hipersuperfície usada por Novak é aquela exposta por Perrela à qual encontra paralelo com seu trabalho: “*‘Arquitetura de hipersuperfície’ e ‘transarquitecturas’ são conceitos complementares. Quando não são idênticos, buscam um aproximar-se do outro...*” [NOVAK, 1998: p.87] ⁵⁵

⁵⁵ *“‘Hypersurface architecture’ and ‘transarchitectures’ are complementary concepts. While they are not identical, pursuing one soon leads to the other.”* [NOVAK, 1998: p.87]

Contribuiria para o entendimento de seu trabalho a explanação do termo “isosuperfície” que não encontra significado em Topologia e o que realmente pode-se entender pela ação de “deformação” da “matriz espacial em uma nova curvatura de espaço”. Afora essas imprecisões, o seu trabalho - do que se torna compreensível – pode apresentar certas proximidades com o desenvolvido por topólogos quando do estudo de singularidades em superfícies, o qual pode ser descrito de modo mais simples. Diz respeito à manipulação de dados que correspondem a superfícies em ambientes de dimensões maiores que 3, espaços onde, na linguagem usada em Topologia, estas mergulham, isto é, não apresentam auto-interseções e singularidades (Ver os conceitos no item 2.2.2.1 do Capítulo 2). Após o que o objeto é projetado em um espaço de menores dimensões, como o espaço tridimensional. Algo análogo seria a transferência de dados de um objeto inserido em um ambiente de dimensão 2 para um ambiente de dimensão 3, onde pode-se observá-lo sem possíveis interferências e manipulá-lo com maior grau de liberdade e, então, retorná-lo ao seu ambiente de origem - o que pode encontrar paralelo entre a representação bi e tridimensional de um cubo.

A respeito de conceitos encontrados no referenciado livro sobre arquiteturas virtuais *Híbrido Space New Forms in Digital Space*, de Peter Zellner, duas são, pelo menos, as considerações necessárias. Compõe o livro um glossário de termos técnicos elaborado a partir de conceitos desenvolvidos pelo arquiteto holandês Kas Oosterhuis e de termos extraídos diretamente do *The Art & Architecture Thesaurus Browser* (http://shiva.pub.getty.edu/aat_browser/). A referência à palavra topologia é a seguinte [ZELLNER, 1999: p.191]: “*Topologia estuda estranhas superfícies que podem ser transformadas sem colapsar ou quebrar.*”⁵⁶

Se, à primeira vista, a definição não apresenta nenhuma incorreção, o autor, ao usar as palavras “*estranhas superfícies*”, imprime certo juízo de valor, de sentido vago, com pouco ou nenhum significado científico e que contribui para a mitificação da Topologia e pouco a esclarece. Do mesmo modo, a transformação de uma superfície com colapso ou quebra é citada em Topologia e chama-se deformação que altera topologia (Ver **Deformação que altera a topologia – de uma superfície** no item 2.2.2.1 do Capítulo 2).

⁵⁶ “*Topology studies strange surfaces that can be transformed without collapsing or breaking*”

No mesmo glossário encontra-se afirmativa incorreta sobre a classificação topológica de superfícies, exemplificada por distinções entre a esfera e o toro:

⁵⁷ “For instance, if one tied a piece of string around a sphere and shrunk the sphere and the loop of the string, eventually the loop would diminish to a point. Shrinkinking the sphere will not prevent the collapse of the loop; a sphere is therefore not a topological object. On the other hand, if one tied a loop of string around a doughnut (torus) – in any direction – and shrank the doughnut and the loop, the loop would never shrink to a point: the doughnuts hole would prevent the loop from collapsing. A torus is thus a topological object.” [ZELLNER, 1999: p.191]

“Por exemplo, se um pedaço de fio for preso ao redor de uma esfera e forem encolhidas a esfera e a curva de fio, eventualmente a curva se reduzirá a um ponto. Encolhendo a esfera não se previne o colapso da curva; uma esfera, portanto, não é um objeto topológico. Por outro lado, se um pedaço de fio for preso ao redor de um toro – em qualquer direção – e forem encolhidos o toro e a curva, a curva nunca se encolherá a um ponto: o furo do toro protege a curva do colapso. O toro é então um objeto topológico.” [ZELLNER, 1999: p.191] ⁵⁷

Aqui é preciso de antemão separar as superfícies das operações que com elas são realizadas. Tanto a esfera quanto o toro são superfícies fechadas orientáveis mas com características topológicas distintas, como por exemplo, o fato de no toro, diferentemente da esfera, ser possível desenhar uma curva fechada ao redor da superfície sem dividi-la em duas partes. Quanto às operações com superfícies, distinguem-se em homeomorfismos e transformações que podem alterar a topologia de uma superfície (dentre elas soma conexa e identificação). A operação citada por Zellner para embasar sua afirmativa encontra-se neste último grupo, a qual também poderia ser realizada com o toro (tomando-se uma curva que circunde a seção circular do cilindro que o gerou) ou mesmo um plano projetivo ou uma garrafa de Klein. (Ver **Orientável/ Não-orientável – superfície, Homeomorfismo, Soma Conexa de Superfícies, Deformações que alteram topologia - de uma superfície, Plano Projetivo, Garrafa de Klein**, no item 2.2.2.1 do Capítulo 2).

Outros dois livros que encontram ampla difusão em se tratando de novas práticas arquitetônicas e que procuram ampla base topológica são auto-biográficos: *MOVE*, de Ben van Berkel e Caroline Bos [BERKEL, BOS, 1999] e *Animate Forms*, de Greg Lynn [LYNN, 1999]. *MOVE*, livro dividido em três volumes dedicados ao que os autores sugerem como os paradigmas contemporâneos da atuação do arquiteto: imaginação, técnicas e efeitos, há a ocorrência da utilização de termos topológicos, dentre outros, em sentido vago ou em uma nova significação, sem a devida referência conceitual:

⁵⁸ “The re-thinking of organisational structures is at issue. The objective of finding a model that embodies the inclusive approach in combination with the use of new computational techniques results in the manipulation of architectural ingredients as malleable, orientable and non-orientable structures. The surface as the object of transformative strategies is being replaced by three-dimensional, at times even four-dimensional.” [BERKEL, BOS, 1999: p.18. Part 1].

“O re-pensar as estruturas organizacionais está em questão. O objetivo de encontrar um modelo que incorpore a aproximação inclusiva em combinação com o uso de novas técnicas computacionais resulta na manipulação de ingredientes arquitetônicos como estruturas maleáveis, orientáveis e não-orientáveis. A superfície como o objeto de estratégias transformativas está sendo substituída por princípios tridimensionais, e até algumas vezes, quadridimensionais” [BERKEL, BOS, 1999: p.18. Part 1] ⁵⁸

e:

"O volátil, aspectos diferenciados de tempo contribuem para o potencial de nós topológicos para arquitetura. Topologia, como o estudo do comportamento de estruturas superficiais em deformação, é a hibridização do espaço diferencial e tempo diferencial (...) não-orientabilidade matemática é relacionada arquiteturalmente a diferenças contínuas baseadas em tempo, que inibem orientações de programas – movimento é o programa e o programa está se movendo." [BERKEL, BOS, 1999: p. 19,134, Part 3]⁵⁹

⁵⁹ *"The volatile, differentiated aspects of time contribute to the potential of topological knots for architecture. Topology, as the study of the behaviour of superficial structures under deformation, is the hybridisation of differential space and differential time. (...) mathematical nonorientability is paralleled architecturally by time-based continuous difference, which inhibits the fixed orientation of programmes – movement is the programme and the programme is moving."* [BERKEL, BOS, 1999: p. 19, 134. Part 3]

ou ainda, quanto à consideração incorreta de invariância topológica na transformação de um toro em uma Faixa de Möbius – que influenciará a conceituação de sua obra *Möbius House* (brevemente comentada no item 3.1 do Capítulo 3):

"A mesma informação pode ser proporcionada de diversos modos sem alterar nenhum de seus parâmetros estruturais, da mesma maneira que um toro pode ser torcido em uma Faixa de Möbius sem perder suas proporções originais." [BERKEL, BOS, 1999: p. 224-225. Part 1]⁶⁰

⁶⁰ *"The same information can be proportioned in numerous ways without altering any of the structuring parameters, in the same way that a donut can be twisted into a Möbius strip without losing its original proportions."* [BERKEL, BOS, 1999: p. 224-225. Part 1]

Em *Animate Form*, dentre outros trechos, têm-se este em que o autor não distingue o que diz respeito diretamente à Topologia e o que é sua apropriação – como, por exemplo, "componente temporal da topologia", e "inflexão" como "imbricação de múltiplas forças no tempo" que diz respeito à alteração da forma e não à relações espaciais invariantes, entre outras:

"Os dois princípios que são centrais ao componente temporal da topologia são (1) as curvaturas imanentes que resultam da lógica combinatória de equações diferenciais e (2) a causa matemática da curvatura. Porque entidades topológicas são baseadas em vetores, eles são capazes de incorporarem sistematicamente tempo e movimento em sua forma como inflexão. Inflexão, ou curvaturas contínuas é o modelo gráfico e matemático para a imbricação de múltiplas forças no tempo. (...) Superfícies topológicas que guardam força nas inflexões de sua forma comportam-se como paisagens em que as inclinações que são geradas guardam energia na forma de orientadas, ou melhor, neutras superfícies." [LYNN, 1999: p.23, 30]⁶¹

⁶¹ *"The two linked principles that are central to the temporal component of topology are (1) the immanent curvatures that result from the combinatorial logic of differential equations and (2) the mathematical cause of that curvature. Because topological entities are based on vectors, they are capable of systematically incorporating time and motion into their shape as inflection. Inflexion, or continuous curvature is the graphical and mathematical model for the imbrication of multiple forces in time. (...) Topological surfaces that store force in the inflections of their shape behave as landscapes in that the slopes that are generated store energy in the form of oriented rather than neutral surfaces."* [LYNN, 1999: p.23, 30]

A Morfologia da Arquitetura 1920-1970 e As Significações da Arquitetura (1920-1990) são títulos de dois livros de teoria de Arquitetura em que se encontra referências à Topologia como instrumento de análise espacial. São de autoria do arquiteto português Victor Consiglieri, professor do módulo do Espaço Semiótico/Semiológico e Neopositivista Pós-Estruturalista do curso de pós-graduação de Teoria da Arquitetura da Universidade Lusíada em Portugal. As muitas referências encontradas nos livros dariam margem a igual número de comentários; serão, porém, escolhidas apenas aquelas que tocam conceitos mais abrangentes. No primeiro livro [CONSIGLIERI, 1995], o autor define Topologia do seguinte modo:

“a topologia estuda as propriedades das figuras deformadas, as propriedades inalteradas pela deformação, ou seja, as propriedades das superfícies curvas contínuas deformadas ou deformáveis, e não de superfícies comuns achatadas ou destituídas de ângulos, como é o caso da esfera”.

Sendo a Topologia a geometria que considera os objetos “construídos” por “material” elástico, qualquer elemento geométrico é passível de deformação, deste modo, não é objeto da Topologia o estudo das propriedades das “*figuras deformadas*”, mas as propriedades geométricas que se mantêm inalteradas pela mudança da forma. As propriedades não dizem respeito ao estado (deformado), mas sim à sua manutenção entre duas conformações da figura, sendo assim propriedades relacionais (Ver item 2.2.2.1 do Capítulo 2).

Essa primeira consideração já invalida em seqüência a afirmação de que a Topologia se ocupa de “*superfícies curvas contínuas deformadas*” e não de “*superfícies comuns achatadas ou destituídas de ângulos*”. Afora o fato de a afirmativa carecer de todo tipo de elementos referenciais a respeito dos termos empregados, uma superfície é sempre uma entidade bidimensional (Ver **Superfície**, no item 2.2.2.1), sendo curva ou “*comum*” (plana), e é de forma incondicional objeto de estudo da Topologia. Descartar as “(superfícies) *destituídas de ângulos*”, diz respeito a um critério não topológico, a forma, e evidencia a não consideração de uma forma mutável. Por fim, contra a última afirmativa, se traduzida a expressão “(superfícies) *destituídas de ângulos*”, por superfícies sem bordo (Ver **Com Bordo/Sem Bordo – Superfície**, no item 2.2.2.1 do Capítulo 2), tem-se a esfera como o grande exemplo de superfície fechada orientável (Ver **Orientável/Não-orientável – Superfície**, no item 2.2.2.1 do Capítulo 2).

No mesmo livro encontra-se:

“... o espaço topológico não é mais do que o espaço fluido, resultante do agrupamento de pequenos espaços com as suas subdivisões, as suas propriedades, conjugadas pelos fatores do movimento e das tensões do

objeto, dando ao observador, através do percurso, ambientes de referências.” [CONSIGLIERI, 1995: p.190]

Nesse trecho o autor procura traduzir o conceito de espaço topológico para a apreensão do espaço arquitetônico. Para melhor entendimento seria necessária uma maior explanação do conceito matemático, por exemplo, quanto às subdivisões ou subconjuntos (Ver item 2.2.2.1 do Capítulo 2), e o desenvolvimento dos significados para a frase dos termos movimento, tensões do objeto e ambientes de referências, agregados à definição, mas que não dizem respeito à Topologia.

Sobre a operação com superfícies em Arquitetura, Consiglieri afirma:

“A topologia arquitetônica iniciou-se com as experiências mais elementares, englobando as superfícies curvas agregadas a volumes com expressões euclidianas.” [CONSIGLIERI, 1995: p.321]

Afora a necessidade de conceituação do termo “*topologia arquitetônica*” empregado, para o autor a introdução da Topologia na Arquitetura deu-se por meio da utilização de superfícies curvas somadas a volumes euclidianos. Por um lado, deixa implícita uma visão restritiva, pois as superfícies dos volumes como o cubo, o cilindro, os prismas, entre outros, isto é, as “cascas” que os envolvem possuem características topológicas. E por outro, uma visão conceitualmente oposta à Topologia, se o termo “curva” estiver correlacionado à forma. A frase do autor é representativa de um entendimento generalizado, mas incorreto, de que a superação de uma “arquitetura euclidiana” por uma “arquitetura topológica” se faria pela utilização de superfícies curvas.

O autor faz uso ainda de alguns conceitos como conectividade, superfície e dimensão espacial, e a referência à transposição de um “objeto” entre ambientes de dimensões espaciais distintas, tencionando sua tradução para o processo de comunicação homem/ambiente resultando em texto confuso, distante de uma relação adequada entre o conceito topológico de conectividade e o de continuidade espacial em Arquitetura, e por isso cabe ser transcrito:

“O espaço topológico não se entende já como um espaço convencional de três dimensões, mas como um espaço de comunicação, devido ao seu sistema estrutural de conexões, de regiões e de limites, embora tudo isso seja tridimensional. Para se compreender este espaço, é necessário organizá-lo em torno da comunicação; caso contrário, cairíamos no espaço vazio e confuso. A solução é dividi-lo em diferentes planos e níveis, a que chamamos ‘superfícies’, segundo linhas e pontos de ação fixos, de acordo com os nossos objetivos e necessidades. Assim, ele adquire novas dimensões psicológicas que tendem a superar o caráter descritivo do espaço pluridimensional e exprime-se numa relação entre planos e níveis horizontais

e verticais. O objetivo deste espaço topológico é encontrar uma configuração em que haja um relacionamento de regiões, uma ligação entre diversos compartimentos num ou mais níveis. Esse relacionamento é assegurado por outros compartimentos onde a função se torna dúbia, mas nos quais é sempre possível identificar a função da comunicação. Essa comunicação ou locomoção consiste em atravessar fronteiras de diversos tipos por meio de conexões.” [CONSIGLIERI, 1995: p.168]

No segundo livro [CONSIGLIERI, 2000], resultante do curso de pós-graduação ministrado pelo autor, este utiliza termos derivados da palavra Topologia em uma rápida comparação entre estruturalismo e pós-estruturalismo sem a devida referência prévia aos seus significados ou recortes, o que pode tanto deixar em aberto quanto impossibilitar a compreensão do texto:

“Em toda esta fase do pós-estruturalismo, a geometria da composição arquitetônica corresponde a sistemas topológicos simbólicos, que não se definem por realidades preexistentes, nem por conteúdos conceituais que lhe conferem uma significação. Inicialmente, os elementos de uma estrutura simbólica, segundo o conceito de Lévi-Strauss, possuíam um sentido caracterizado pela ‘posição’ que ocupavam, não num sentido real mas sim de concepções imaginárias, onde os sítios e lugares estruturais se assinalavam topologicamente, isto é, a estrutura era um espaço inexistente, constituído gradualmente através de referências, prolongando-se num determinado sentido, em efeitos de ótica, de linguagem ou de posição. A ambição científica do estruturalismo não era quantitativa, mas topológica e racional simbólica”. [CONSIGLIERI, 2000: p.293]

Características partilhadas pela totalidade do material encontrado na pesquisa que, pelo menos, tangencia a aproximação entre Arquitetura e Topologia são citações ao campo da Topologia pressupondo-o assunto pré-concebido pelo leitor – encontrando-se quando muito pequenas definições – e a referência imprecisa a seus conceitos frequentemente associada a termos que não tem significação topológica ou que não constituem seu objeto de estudo: força, gravidade, quarta dimensão denotando tempo, formas e curvas complexas, entre outras.

Tratando-se de obras de vanguarda, que procuram captar as recentes transformações por que passa a prática arquitetônica, predominam nelas, nas palavras de Bonta [BONTA, 1977], as significações pré-canônicas, que desafiam a imaginação e a intuição. Por outro lado, o conjunto formado por um número considerável de obras, acaba por resultar em movimento mais ou menos coeso em que os temas relacionados à Topologia apropriada pelos arquitetos tornam-se “imagens consistentes” próprias das significações canônicas. Sem a devida referência conceitual. O que motiva a questão de que é por meio destas e de outras obras de grande ressonância entre arquitetos que o assunto Topologia, com todas as inflexões possíveis, tem inserção no meio arquitetônico.

#2

diagrama topológico – construção de um conceito

fg2 - Material Elastômero

diagrama topológico – construção de um conceito

“O misterioso da problemática matemática e o indeclarável do espaço, a proximidade ou a distância do infinito, a surpresa de um espaço que começa e termina de forma diferente, a limitação sem limites exatos, a multiplicidade que, apesar de tudo, forma uma unidade, a igualdade de forma que varia com o aparecimento de um único acento, o campo de força composto de variáveis, as paralelas que se cruzam e a infinitude que torna a si mesma como presença e ao lado novamente, o quadrado com todos os seus fundamentos, a reta que não é perturbada por nenhuma relatividade e a curva que em cada um de seus pontos forma uma reta: todas estas coisas, que aparentemente não têm nenhuma relação com a vida diária do homem, são apesar de tudo, de fundamental importância. São forças que manejamos como forças primitivas, às quais está sujeita toda a ordem humana, contidas em toda ordem reconhecível.” [BILL, 1950]

Deve ser inerente à construção de similaridades entre campos do conhecimento, para além da escolha entre as áreas que momentaneamente serão objeto de entreolhar mútuo, a consideração dos pontos nodais destas disciplinas que, ao serem selecionados, permitem não só o entendimento de suas questões estruturais, como também uma melhor aproximação ao seu caráter ontológico. Longe da procura por definições, enunciados fechados com pretensão de denominações e limitações de campos de atuação, o trabalho procura por identificações.

Identificar o ser pela identificação de sua alteridade. Identificar é ação que pressupõe reconhecimento: reconhecer como conhecer novamente demanda um conhecimento prévio sobre a realidade que se refaz constantemente por meio da construção de pontes entre conhecimentos; reconhecer como análise e síntese de produções que continuamente se apresentam, demanda classificações e relações entre elementos. A identificação mostra-se então não como condição estática, mas como processo dinâmico de aproximações e distanciamentos segundo critérios recorrentes a determinados tempo e lugar. Identificar, além de pressupor reconhecimento, induz a classificação: relações de similaridades e oposições originam classes, gêneros, estilos, nomenclaturas; certa racionalização que para atingir a síntese e manter sua sustentação recorrentemente exige certos graus controlados de aproximação.

Identificar o ser e seu outro mantém delineações que compõem uma totalidade demarcada, como o preto justaposto ao branco. O trabalho procura ir além, ampliar o ser pela construção de similaridades com sua alteridade. Construir pontes, alinhar costuras, são ações que pressupõe intenção de avançar sobre territórios, de andar -

muitas vezes efetivado pelo tatear - sobre o novo e inicialmente desconhecido. A costura e a ponte não são em si nenhuma de suas margens; suas pontas a elas se conectam, sobre as quais se amarram e sustentam criando um terceiro, desenho de território novo, território *inter*. São ligaduras que em si são específicas e que permitem distanciamento desde as margens e um olhar a elas: *entreolhar*.

Para McLuhan:

“O híbrido, ou o encontro de dois meios, constitui um momento de verdade e revelação, do qual nasce a forma nova (...) O momento do encontro dos meios é um momento de liberdade e libertação do entorpecimento (...) que eles impõem aos nossos sentidos.” [McLUHAN, 1995: p.75]

O trabalho toma então metonimicamente as duas áreas em questão, Arquitetura e Topologia, como quem escolhe o terreno para a construção. A parte pelo todo toma como a parte elementos nodais, centralidades em suas disciplinas: a saber, a criação ou o ato criativo - tanto de objetos quanto de discursos sobre estes mesmos objetos. Tomar a criação como elemento similar demanda considerá-la genérica como a criação em arquitetura ou a criação em Topologia. O que não é o caso, a criação é plural, são as criações, pois são plurais os processos criativos, os objetos criados. São diversos os objetos criados em Arquitetura e também o são as superfícies possíveis em Topologia; assim também, são diversos os processos projetuais em arquitetura como em Topologia. Como em uma estrutura ramificada, cabe seguir e tomar novas partes. Em meio à diversidade, o recorte se estabelece: a similaridade de ferramentas projetuais utilizadas em processos de projeto e leituras projetuais, tanto em Arquitetura como em Topologia: **os diagramas.**

2.1 aproximações aos diagramas - conceituações preliminares

O estudo dos diagramas em Topologia e das similaridades com o seu uso em Arquitetura se propõe inicialmente a perscrutar o conceito e só então se dirigir à sua utilização; a Topologia e a Arquitetura serão os terminais do caminho a ser trilhado. Os outros campos consultados visam a construção do entendimento do conceito em um sentido mais amplo e, com esta amplitude, referenciar a utilização dos diagramas na Topologia e na Arquitetura. Não é propriamente campo da Topologia o estudo dos diagramas, mas quando de seu uso especialmente particular, em operações topológicas, agregam à sua porção diagramática, outra topológica. Uso este que, ao ser trazido para o campo da Arquitetura como ferramenta operativa e objeto de reflexão, vem incrementar um campo relativamente recente de exploração: o estudo e aplicação de diagramas em arquitetura.

2.1.1 aproximação pela ciência cognitiva

Diagramas ou desenhos diagramáticos podem ser considerados uma das formas mais antigas de comunicação humana: as inscrições pré-históricas registraram acontecimentos por meio de gestos concisos ricos em simbologia; quer individualmente ou em seqüência, constituíam narrativas de ações humanas. Posteriormente, como suporte para o desenvolvimento humano e como uma de suas maiores evidências, as linguagens diversas criadas e aprimoradas pelo homem, propiciam não só a comunicação interpessoal, mas constituem-se como instrumentos efetivos para o pensamento humano e seu registro.

A interdependência entre pensamento e linguagem, estudada em diversos campos do conhecimento, na filosofia (Wittgenstein), na lógica/semiótica (Peirce), na lingüística/semiologia (Saussure), na matemática (Russell), entre outros, é questão central para a atuação do arquiteto, a saber, o intrincado relacionamento entre projeto e desenho, entre pensamento e representação, de necessária reflexão em tempos de incremento de diversas possibilidades projetuais e representacionais que são colocadas pelos meios telemáticos. Centrando na Lógica - elemento a partir do qual podem ser lidos os processos de pensamento desenvolvidos nas outras áreas citadas - as relações pensamento/linguagem e cognição/representação se apresentam como chaves de leitura para o diagrama.

Para compor seu raciocínio, o ser humano contemporâneo tem à sua disposição a possibilidade de envolver informações obtidas em mais de um meio, o que recentemente tem instigado cientistas de diversas áreas - filósofos, psicólogos, lógicos, matemáticos e cientistas da computação - para a importância do raciocínio multimeios, com ênfase para os sistemas representacionais não-simbólicos – ou não apenas simbólicos - ou diagramáticos, focando em seu caráter lógico e qualidade representacional, em sua diversidade e em seu papel na cognição humana. As pesquisas em raciocínio multimeios são divididas atualmente em três grupos segundo suas ênfases: as realizadas pela filosofia da mente e ciência da cognição sobre o raciocínio humano e representações mentais que envolvem formas não-lingüísticas; as realizadas por lógicos que mostram a inexistência de diferenças entre sistemas simbólicos e diagramáticos, em seus aspectos lógicos, refutando suposições de que os diagramas seriam inerentemente desorientados; e finalmente as empreendidas pelos cientistas computacionais em assuntos como representação do conhecimento, design de sistemas e programação visual [SEP, p.01].

Dentro deste sucinto mapa das pesquisas em raciocínio multimeios, no qual se insere o uso de diagramas em processos de pensamento/representação humanos, há a ocorrência de dois entendimentos distintos - mas para este trabalho correlatos - da palavra diagrama, discriminados por Chandrasekaran [CHANDRASEKARAN, 1995 apud SEP, p. 02]: diagrama como representação mental interna e diagrama como representação externa em um meio. Para o momento, a compreensão da existência de correlações entre diagramas internos e externos advém de dois textos sobre o desenho - em momento oportuno no terceiro capítulo, será discernido o diagrama do desenho, ou melhor, o diagrama como uma espécie de desenho. O primeiro, sobre a prática artística, *A Dúvida de Cézanne* de Merleau-Ponty [MERLEAU-PONTY, 1980], e o segundo, uma das obras fundantes do entendimento do desenho relacionado à atuação do arquiteto, *O Desenho* de Vilanova Artigas [ARTIGAS, 1999], que comentamos em texto dedicado ao desenho em matemática:

“Por este viés, do desenho condensado de essência, poderíamos considerar como uma nova proposição do ato de desenhar aquela exposta por Merleau-Ponty, quando escreve sobre o procedimento pictórico de Cézanne: ‘A ‘concepção’ não pode preceder a ‘execução’’, então o Desenho só se realiza com ‘a mão que pensa e a cabeça que desenha’. Um jogo de inversões, como aquele na construção de uma faixa de Moëbius, transferindo para a mão um desenho inteligente que guarda estruturas espaciais e para o cérebro um pensamento projetivo-desenhador (aqui o oposto de desenhista), imaginativo de novos mundos... Lema ou leme para desenhadores na constante superação de um processo composto por um projeto que é a apresentação do entendimento e um desenho que se torna representação do mesmo. Um projeto intelectual e um desenho mecânico... Em matemática, o desenho condensa o entendimento, é metadesenho. Novamente do inglês, o termo design agrega as noções de projeto e desenho; é termo prenhe de significações que inexiste em português, separação que traz da linguagem um distanciamento de procedimentos que se constituem como um só: projetar-desenhar como captar a essência, construir, design-ificar, enfim, design-ar como propôs o arquiteto Artigas: ‘...se de um lado é risco, traçado, mediação para expressão de um plano a realizar, linguagem de uma técnica construtiva, de outro é desígnio, intenção, propósito, projeto humano no sentido de proposta do espírito.’” [MARAR, SPERLING, 2001]

A correspondência entre representações internas e externas se mantém pelo entendimento do diagrama como interrelação entre linguagem e imagem. Vários cientistas cognitivos, dentre eles Howell [HOWELL, 1976 apud SEP, p.12] e Sober [SOBER, 1976 apud SEP, p.12] têm se concentrado nas funções das imagens ou diagramas

fg211_01 – Desenhar,
litografia, 1948 – M.C.
Escher

nas mais diversas atividades cognitivas, dentre elas algumas que podem ser correlacionadas com o processo projetual em arquitetura: memória, imaginação, percepção, navegação ou senso de orientação, inferência e resolução de problemas. Para os pesquisadores da psicologia nem todas as representações mentais se utilizam de imagens, que são uma das várias formas para manipulação da informação na mente. Já o debate contemporâneo sobre as imagens na ciência cognitiva centra-se no entendimento de como tais imagens se constituem e se estruturam na mente.

Duas são as correntes divergentes: para os pictorialistas, boa parte das imagens mentais humanas são, em vários aspectos, como quadros ou espécies de fotografias em uma forma linear de linguagem - como as linguagens naturais. Já os descricionistas questionam a posição das imagens mentais como filmes e sugerem que elas são formadas a partir de descrições estruturadas e não são as unidades básicas da cognição. No primeiro caso, as imagens são unidades básicas às quais se subordinam os encadeamentos entre elas (a imagem sobre a linguagem), no segundo caso as imagens se subordinam às estruturas pré-existentes de descrição (a linguagem sobre a imagem). De qualquer modo, sem entrar no mérito de subordinações, a maioria dos trabalhos realizados assumem a existência de imagens mentais formadas, segundo Pylyshyn [PYLYSHYN, 1981 apud SEP, p. 07], como estruturas de uma linguagem e, constituem-se, tanto diagrama mental quanto diagrama externo de dois níveis:

“Para qualquer sistema de representação, quer seja sentencial ou diagramático, nós podemos debater sobre dois níveis, um nível sintático e um semântico. O que a inferência via de regra nos diz é como manipular uma dada unidade, seja simbólica ou diagramática, para outra.” [SEP, p.07]¹

¹ *“For any representation system, whether it is sentential or diagrammatic, we can discuss two levels, a syntactic and a semantic level. What inference rules tell us is how to manipulate a given unit, whether symbolic or diagrammatic, to another.” [SEP, p.07]*

Sintática e semântica, código e conteúdo, significante e significado são pares de instâncias do diagrama, e participam, na teoria de Sausurre, do conceito de linguagem que, traduzido por Teixeira Coelho,

“é uma rede de relações: mais do que elementos que demarcam uma linguagem (monemas, fonemas etc.) interessam as relações entre eles. Assim, linguagem é a relação língua/fala, significante/significado, notação/conotação etc.” [COELHO, 1999: p.26]

A essas relações podemos acrescentar a existente entre paradigma e sintagma, a qual será explorada adiante quando tratado o conteúdo semiótico do diagrama. Para o estudo, no momento, destaca-se a relevância dos pensamentos por imagens, uma linguagem estruturada constituída por imagens, inerente ao processo projetual em arquitetura. Por sua própria constituição estabelece maior continuidade com um sistema de representação externa por diagramas - também uma linguagem estruturada constituída por imagens -, algo mais distante de se realizar entre um pensamento visual e uma linguagem simbólica ou verbal.

2.1.2 aproximação pela lógica - semiótica

O estudo do raciocínio e da natureza da representação tem lugar privilegiado nos trabalhos realizados por Charles Sanders Peirce (1839-1914), estudioso da lógica e filósofo norte-americano, dentre outras áreas em que construiu sua investigação. Ao estender sua observação a diversas áreas do conhecimento e das ciências aplicadas - química, matemática, biologia, geologia, lingüística, psicologia, história e arquitetura, dentre outros - objetivava a construção de um esquema geral de funcionamento da investigação humana, a relação que se estabelece entre mente e matéria. Para Peirce, a diversidade de aproximações entre mente e matéria poderia ser estruturada, por similaridades, em uma teoria da experiência, ou, *“de uma perspectiva intelectual da experiência, uma teoria da mente”*² [ZEMAN, J., 2002B: p.01], o que seria o propósito da lógica. Ao considerar *“toda experiência como uma questão fundada sobre os signos”*, a lógica das linguagens ou semiótica (semiose=semeion=signo), construída por Peirce, apresenta o ponto de contato entre mente e matéria, traduzido do seguinte modo por Santaella:

² *“...from the intellectual perspective on experience, a theory of mind.” e “...all experience is a matter of signs.” [ZEMAN, J., 2002B: p.01]*

"A polaridade entre o mundo da mente e o da matéria, interior e exterior, psíquico e físico, só pode ser superada no momento em que se introduz o único elemento mediador, o signo, através do qual esses dois mundos se interseccionam." [SANTAELLA, 1992: p.102]

Seguindo o raciocínio, toda entidade perceptível ou imaginável, chamada por Peirce de **objeto**, pode ser representada por um **signo** e este, substituindo-o, ao ser traduzido gera o **interpretante**. Relação entre três elementos: **signo**, representante do objeto, gerador do interpretante; **objeto**, representado pelo signo, traduzido por um interpretante; **interpretante**, significado, mediador do signo e do objeto:

"Um signo, ou representâmen, é aquilo que, sob certo aspecto ou modo, representa algo para alguém. Dirige-se a alguém, isto é, cria, na mente dessa pessoa, um signo equivalente, ou talvez, um signo mais desenvolvido. Ao signo assim criado denomino interpretante do primeiro signo. O signo representa alguma coisa, seu objeto. Representa esse objeto não em todos os seus aspectos, mas com referência a um tipo de idéia que eu, por vezes, denominei fundamento do representâmen." [PEIRCE, 1999: p.46]

fg212_01 – Alfabeto universal, Bauhaus, 1926 – Herbert Bayer

Em sua investigação sobre a experiência em si, considerando como experienciável todo ser, coisa ou acontecimento que aparece à mente, Peirce dedica-se à fenomenologia (*phainomenon* - aquilo que aparece) ou teoria das aparências, desenvolvendo três categorias as quais estariam submetidos todos fenômenos: primeiridade, segundidade e terceiridade, categorias em relação de predominância uma com as outras duas em qualquer fenômeno [PEIRCE, 1974: p.23]. Peirce associa a esta fenomenologia uma gramática dos signos na qual, conforme a relação estabelecida entre o signo e seu objeto, os signos são divididos em ícone, índice e símbolo, cada um tendo como predominância as características de uma das três categorias fenomenológicas.

Estão associadas à categoria de primeiridade do fenômeno as características de acaso, qualidade, originalidade, possibilidade, liberdade. Como pura qualidade, sem qualquer parâmetro de comparação ou de condição, é mera possibilidade e se expressa na multiplicidade. O ícone, associado ao instante de primeiridade, é signo de acaso, de possibilidade, com caráter em si mesmo.

“Ícone é um signo que tem alguma semelhança com o objeto representado. Exemplos de signo icônico: a escultura de uma mulher, uma fotografia de um carro, e mais genericamente, um diagrama, um esquema.” [COELHO, 1999: p. 58]

fg212_02 – Bicho .
alumínio, 60cm – Ligia
Clark

As características de concretude de existência, temporalidade, causalidade, reação, estão associadas à categoria de secundidade. Assim como depende da existência do primeiro, a partir do qual há a reação, não depende de um terceiro ou lei condicionante para a relação entre si e o primeiro. Ação e reação, sujeito e alteridade, sem qualquer mediação. O índice, associado ao instante de secundidade é signo de fato, que mantém relação existencial com o objeto.

“Índice é um signo que se refere ao objeto denotado em virtude de ser diretamente afetado por esse objeto. O signo inicial tem alguma qualidade em comum com o objeto e, assim, não deixa de ser um certo tipo de ícone, um ícone especial, embora não seja isto que o torna um signo mas, sim, o fato de ser modificado pelo objeto. Ex.: fumaça é um signo indicial de fogo, um campo molhado é índice de que choveu...” [COELHO, 1999: p. 58]

Finalmente, à categoria de terceiridade, estão associadas às características de representação, mediação, continuidade, regra, lei. O terceiro, depende para sua existência da existência do primeiro, pura qualidade, e do segundo, reação sobre o primeiro. Associado ao instante de terceiridade, o símbolo é signo de razão que mantém relação com a continuidade do interpretante.

“Símbolo é um signo que se refere ao objeto denotado em virtude de uma associação de idéias produzida por uma convenção. O signo é marcado pela arbitrariedade...Ex.: qualquer das palavras de uma língua, a cor verde como símbolo de esperança etc.” [COELHO, 1999: p. 58]

fg212_03 –
Locomoção Humana,
Chapa 616, 1887 –
Eadweard Muybridge

No pensamento triádico de Peirce, os instantes fenomenológicos da criação e produção do conhecimento seriam: o icônico, estabelecimento de sinapses, instante primeiro de conexões qualitativas; o indicial, a relação entre o primeiro, instantâneo, e seu mundo de atuação, momento de verificação; e o simbólico, o ambiente do conhecimento produzido e adquirido.

Descritas sucintamente as três categorias presentes na lógica de Peirce, cabe trazê-las ao encontro do conceito de diagrama, ou melhor, do conceito de diagrama por ele apresentado que está inerentemente ligado as conexões que via entre lógica, matemática e raciocínio. Na década de 1890, Peirce desenvolveu o que chamou de “Grafos Existenciais” (*Existential Graphs*) os quais declarou serem sua “obra-prima” [PEIRCE, 1933: p. 4.191 apud ZEMAN, 2002B: p.04]. Ao considerar a lógica como o estudo do processo de raciocínio e a construção de um sistema representacional de tal processo algo vital para seu desenvolvimento, Peirce experimentou por meio desses Grafos a transferência da representação algébrica para notações gráficas. Seria possível distinguir, num primeiro momento, os dois sistemas representacionais quanto às suas características, denominando de simbólico o primeiro e icônico o segundo, a partir do entendimento de que as representações icônicas têm maior proximidade com o instante criativo, retentor de qualidades do fenômeno, pois um signo icônico é aquele que representa seu objeto principalmente por similaridade. Mas como denominador comum, Peirce os aproxima como sistemas representacionais dependentes do ícone:

“O único meio de transmitir diretamente uma idéia é por via de um ícone; e todo método indireto de comunicar uma idéia deve depender, para seu estabelecimento, do uso de um ícone. Consequentemente, toda asserção deve incluir um ícone ou conjunto de ícones ou conter signos cuja significação só é explicável por meio de ícones. [PEIRCE, 1975: p.117]

E os divide da seguinte maneira:

“Aqueles que participam de simples qualidades ou Primeiras Primeiridades, são imagens; aqueles que representam as relações - principalmente relações diádicas ou relações assim consideradas - das partes de uma coisa, utilizando-se de relações análogas em suas próprias partes, são diagramas; aqueles que representam o caráter representativo de um Representamem, traçando-lhe um paralelismo com algo diverso, são metáforas.” [PEIRCE, 1975: p.117]

Assim, para Peirce, mesmo que não haja qualquer semelhança sensível entre um diagrama e seu objeto, ele o considera um ícone por existir uma analogia entre as relações existentes entre as partes de cada um, objeto e diagrama. E é nesse sentido que caminha sua consideração das expressões algébricas como icônicas, mesmo que auxiliadas por normas convencionais:

“...uma fórmula algébrica é um ícone, tornado tal pelas regras de comutação, associação e distribuição de símbolos. Poderá parecer, à primeira vista, que se está fazendo uma classificação arbitrária ao chamar de ícone uma expressão algébrica e que ela poderia igualmente bem, ou de maneira ainda melhor, ser vista como um signo convencional composto. Entretanto, assim não ocorre. Com efeito, importante propriedade característica do ícone é a de que, observando-o diretamente, podem ser descobertas outras verdades concernentes a seu objeto, além daquelas que bastam para determinar sua elaboração... Dado um signo convencional ou outro signo geral de um objeto, para deduzir qualquer outra verdade além daquela que ele explicitamente traduz, faz-se necessário, em todos os casos, substituir aquele signo por um ícone. Essa capacidade de revelar uma verdade inesperada é precisamente aquilo em que consiste a utilidade das fórmulas algébricas, de modo que o caráter icônico é o prevalecente. Em verdade, toda equação algébrica é um ícone, na medida em que indica, por meio de signos algébricos (que em si mesmo não são ícones), as relações das quantidades em causa” [PEIRCE, 1975: p.117-119]

Por outro lado, se tanto expressão algébrica quanto diagrama têm como característica básica a representação das relações existentes entre as partes do seu objeto através da construção de relações análogas entre as partes que os constituem, algumas distinções parecem claras. No que diz respeito a sua constituição, as expressões algébricas são formadas por signos de convenção que entre si estabelecem relações icônicas, o que também ocorre, segundo Peirce, com o diagrama, um *“ícone de relações inteligíveis (...) auxiliado a ser como tal por convenções”* [PEIRCE, 1933: p. 4.418]; uma aparente similaridade se for considerada, por exemplo, a constituição aberta de um diagrama arquitetônico formado simplesmente por traços retos em algumas direções. No processo criativo são ainda possibilidades, tanto em sua forma e direção, quanto em sua materialidade, não apresentando qualquer restrição por convenções; o diagrama é

fg212_04 – Duchamp
Descendo uma escada
– Elliot Elisofon

apenas um “vir a ser”. Daí a possibilidade de considerar os diagramas formados por signos, de modo geral, icônicos que estabelecem entre si relações icônicas - estes signos tem em si maiores características de qualidade do que de convenção, como poderemos perceber mais adiante nos diagramas propostos por Euler. Em consequência os dois sistemas condicionam suas leituras: uma expressão algébrica, além de determinar maiores conhecimentos de convenções, pressupõe uma leitura linear; um diagrama, mesmo dependente de um código ou um contrato entre construtor e leitor, apresenta-se como uma totalidade que permite leitura simultânea de suas partes.

Do caráter de iconicidade de um diagrama depende o seu funcionamento, pois ao promover relações análogas ao objeto representado, torna-se ferramenta não só de

representação do pensamento, mas meio para o próprio pensamento. Quanto a iconicidade do diagrama, Peirce reforça: *“Um diagrama deve ser tão icônico quanto possível, isto é, deve representar relações, por relações visíveis, análogas a elas”* [PEIRCE, 1933: p. 4.433]. Uma ferramenta heurística que apresenta duplo sentido, é *locus* do pensamento e registro de seu acontecimento; ao participar do raciocínio criativo instaura novas relações, ao participar de sua representação estabelece comunicação.

O diagrama se notabiliza por ser um sistema de representação flexível, fato resultante do caráter múltiplo do signo diagramático, ou melhor, da sua condição triádica - a relação que mantém com os três níveis de classificação dos signos proposta por Peirce. Constitui-se predominantemente por um *aspecto icônico* presente na similaridade das relações entre suas partes e as existentes entre as partes do objeto a partir do qual foi construído, tornando-se meio de criação; aspecto ao qual associam-se outros dois: um, *indicial*, traduzido nas marcas de partes do objeto que nele foram incorporadas, o que lhe confere a característica de meio indicador deste objeto; e outro, *simbólico*, que figura nas regras sobre as quais foi construído, conferindo-lhe um caráter de meio de comunicação.

A interrelação entre diagramas mentais e externos - aqueles impressos de algum modo em um meio material - apresenta-se também em Peirce no binômio observação-inferência. Um diagrama externo poderá ser a representação de algo já observado, buscando sua compreensão - o que também ocorre entre diagramas mentais como seqüências representacionais: a intelecção de uma nova relação entre elementos de um diagrama em análise tem como suporte a construção de outro diagrama. Peirce

refere-se ao uso do diagrama pelo geômetra na criação matemática, como possibilidade de compreensão de partes ainda obscuras:

“O geômetra desenha um diagrama, que se não for exatamente uma ficção, é, ao menos, uma criação, e por meio da observação do diagrama pode sintetizar e mostrar relações entre elementos que antes pareciam não ter conexão necessária.” [PEIRCE, 1933: p. 1.383]

Por meio da manipulação de diagramas torna-se possível a obtenção de situações/organizações correspondentes às relações do objeto ainda não percebidas. Um diagrama externo poderá designar novos aspectos do seu objeto, configurando-se em veículo de descobertas, uma ferramenta heurística de inferências, que tem afinidades com os diagramas mentais em processo, justamente por seu aspecto icônico:

“...uma importante propriedade peculiar ao ícone é a de que, através de sua observação direta, outras verdades relativas a seu objeto podem ser descobertas além das que bastam para determinar sua construção.” [PEIRCE, 1933: p. 2.279]

fg212_05 – Nu descendo uma escada (n.2), 1912 – Marcel Duchamp

O binômio observação-inferência intrínseco ao processo de criação se apresenta na construção de diagramas mentais e externos, sem ordem pré-estabelecida de ocorrência. São diversos os percursos sequenciais entre os dois modos de diagramas; um processo criativo pode se iniciar tanto por uma imagem mental quanto pelo traçado de um diagrama.

Em sequência, é possível encontrar sobreposição entre o *modus operandi* do diagrama e a própria construção de raciocínios lógicos: o conceito de diagrama proposto por Peirce apresenta similaridades com a atuação da intuição no “princípio lógico da construtividade” de que trata Newton da Costa, importante logicista brasileiro proponente das lógicas paraconsistentes:

“1.) visão direta dos objetos com que se trabalha. (...) A intuição sensível nos ajuda, mas é a intuição intelectual que impera, idealizando e ampliando o material inicialmente fornecido pela sensibilidade. Existe uma visualização dotada de certa evidência, de situações idealizadas, insinuadas pela intuição sensível; 2.) conhecimentos imediatos, concernentes a objetos e relações, e possuindo determinado grau de evidência e clareza.” [COSTA, 1980: p.51]

fg212_06 - Fita de Möbius

fg212_07 - Fita de Möbius por Hilbert

³ *theorematic reasoning* e *corollarial reasoning*

⁴ o termo construções, no caso, refere-se a construções de proposições da geometria Euclidiana.

Para a lógica, os fenômenos são, então, captados pela intuição sensível e processados pela intuição intelectual, as quais propiciam uma “*visualização dotada de certa evidência*” das experiências que permite a aquisição de “*conhecimentos imediatos, concernentes a objetos e relações*” ou “*a visão direta dos objetos com que se trabalha*”, funcionamento que se sobrepõe ao do signo diagramático na mente por meio do qual as relações inerentes aos objetos são representadas por “*relações visíveis análogas a elas*”.

Peirce confronta dois tipos de raciocínio via diagramas, os quais denomina de raciocínio por teorema e raciocínio por corolário.³ Da matemática, o teorema é uma proposição resultante de uma verdade já demonstrada, e o corolário é um caso particular de proposição resultante da mesma verdade já demonstrada. Colocando-se os dois frente a frente, é possível considerar a existência de uma relação de dependência do corolário para com o teorema. Se num certo sentido, um corolário é um caso particular do teorema, no avanço do conhecimento, um teorema poderá ser considerado corolário de outro teorema, isto é, caso particular de outro caso mais geral. Algo similar à superação do corolário-teorema por um outro teorema é o que se encontra em Peirce quando coloca a criação e o hábito como antípodas do pensamento, sendo a criação a subversão do hábito [PEIRCE, 1975: pp:49-70]. Assim, o primeiro raciocínio por diagramas, associado à criação e ao teorema aceita a introdução de elementos imprevistos ao processo de raciocínio na forma de ícones que serão “*experimentados pela imaginação*” [ZEMAN, 2002A: p.02] e o segundo, associado ao corolário e a uma verdade já constituída (hábito) requer a não introdução de novos ícones ou construções⁴.

Construindo um paralelo com o processo de projeto em arquitetura, o primeiro sistema de utilização dos diagramas - que pode ser considerado aberto - torna-se mais próximo do raciocínio arquitetônico do que o segundo - fechado -, ou melhor, o raciocínio arquitetônico pode ser descrito como uma seqüência de inferências que seguem do início ao término do projeto transformando coisas em coisas, teoremas em corolários

em direção à construção de novas relações. De uma situação de abertura a diversas possibilidades de escolhas para um encaminhamento de fechamento de decisões em meio a um espectro de possibilidades menor, o projeto arquitetônico em processo é aberto, e, enquanto tal, constitui-se ao seu fim, como corolário, caso particular de um próximo teorema. Para Peter Eisenman, arquiteto que reconhecidamente já há algum tempo vem desenvolvendo reflexões sobre o processo de constituição da forma, *“um edifício é talvez a mera representação de uma idéia primeiramente colocada em um desenho”*⁵ [SOMOL, 1999: p.102], o edifício é um estágio do processo de investigação arquitetônica que não culmina nele, mas objetiva a continuidade da própria investigação.

fg212_08 – House
11a. 1978 – Peter
Eisenman

Outra aproximação possível ao par teorema-corolário da matemática é a dupla de eixos da linguagem sintagma-paradigma proposta por Saussure. Na linguagem, qualquer construção parte de uma seleção de elementos que serão combinados linearmente segundo as regras do código e o sentido da construção. O eixo dos paradigmas é aberto e regido por relações de similaridade entre seus componentes, já o eixo dos sintagmas é fechado e regido por relações de contiguidade - determinadas por convenções - entre suas partes. O sintagma tem compromissos, pois é a montagem de sequência linear e irreversível, fruto de escolhas e combinações, realizada a partir de paradigmas. Estes são um conjunto de dados sem hierarquia presentes no ato de seleção e que potencializam novas seleções e combinações. O sintagma se presentifica como uma possível atualização dos paradigmas e os paradigmas permanecem como virtuais sintagmas. Os teoremas como virtuais corolários. As inferências projetuais como virtuais obras arquitetônicas.

⁵ *“Building may be the mere representation of an idea first stated in a drawing.”* Peter Eisenman em [SOMOL, 1999: p.102]

⁶ Leonhard Euler (Basel, Suíça, 1707 – São Petersburgo, Rússia, 1783) completou seus estudos em filosofia em 1723, após os quais ingressou no estudo da matemática, formando-se em 1726 na Universidade de Basel. Realizou grandes contribuições em áreas como geometria, cálculo e teoria dos números (incluindo sua prova do famoso *Teorema de Fermat* para o caso $n=3$), sendo um dos matemáticos mais prolíficos até os dias de hoje. Sua primeira grande obra, foi o livro *Mechanica* (1736-37) onde apresenta, pela primeira vez, extensivamente a dinâmica de Newton na forma de análise matemática. Já dispondo de grande reputação, recebe o Grande Prêmio da Academia de Paris em duas ocasiões, 1738 e 1740. Para maiores detalhes ver URL: <http://www.groups.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/Euler.html>

Além de desvendar conceitualmente um sistema de representação não-sentencial e desenvolver trabalhos sobre diagramas, Peirce foi um dos primeiros pesquisadores a propor regras de transformação em um sistema de representação não-sentencial [SEP: p. 06], tomando as regras como permissões sob condições estritamente definidas [PEIRCE, 1933: 4.361 apud SEP: p.06] visando a consistência do sistema representacional. Dentre suas proposições sobre o seu uso, destaca-se a ampliação dos diagramas de John Venn, matemático do século XIX, que por sua vez estendeu uma pequena parte das pesquisas de Leonhard Euler⁶, importante matemático que viveu no século XVIII e apresentou o primeiro sistema gráfico representacional conhecido, os Círculos de Euler.

Uma apresentação, mesmo que sucinta dos diagramas propostos por Peirce, deve ser feita após a introdução dos trabalhos de Euler e Venn, pela condição de interdependência que mantém, o que será desenvolvido então no tópico que diz respeito aos diagramas em Matemática.

2.1.3 aproximação pela filosofia

O conceito de diagrama tem sido desenvolvido na filosofia contemporânea fundamentalmente pelo filósofo francês Gilles Deleuze em suas obras *“Francis Bacon: Logique de la Sensation”* [DELEUZE, 1981], *“Foucault”* [DELEUZE, 1986] e *“Mil Platôs”* [DELEUZE, GUATTARI, 1995], o qual descende do conceito semiótico de diagrama de Charles Sanders Peirce e recebe ainda outras conformações.

Embora o diagrama tal como conceituado por Deleuze venha recebendo considerável destaque em arquitetura contemporânea, sendo citado por arquitetos como Rem Koolhaas, Peter Eisenman, Ben van Berkel e Greg Lynn, entre tantos outros, optou-se aqui apenas por realizar breves menções a seu respeito com o intuito de não adentrar levemente em campo tão árido e vasto e intensamente apropriado pela arquitetura - o que do contrário demandaria a abertura do objeto de pesquisa para Arquitetura x Topologia x Filosofia –, resguardando-se o recorte de estudo às relações entre Arquitetura e Topologia, por meio dos diagramas.

Sendo muito comum a ocorrência da dupla citação à Topologia e ao conceito filosófico de diagrama – e de seu correlato, o rizoma, conceituado por Deleuze e Guattari - em segmentos da arquitetura contemporânea, vê-se pertinência no desenvolvimento fu-

turo de pesquisa que realize um mapeamento das interrelações possíveis entre o diagrama topológico e tais conceitos filosóficos. E ainda, havendo algumas claras distinções quanto ao caráter operativo-representacional do diagrama – o que intuitivamente aqui se acredita – confrontá-las com o uso simultâneo e amalgamado, corrente em arquitetura. Caminhos de pesquisa que se encontram fora do escopo desta.

Em “*Mil Platôs*”, os autores, no que se aproxima ao que desenvolveu Peirce, identificam o diagrama como uma máquina abstrata rizomática que funciona por similaridades e multiplicidades em oposição à uma estrutura arborescente ditada pela unidade que, por sua vez, seria estruturada por contiguidades. O conceito de rizoma, ao qual relacionam o diagrama, segue, por sua vez, seis princípios: conexão, heterogeneidade, multiplicidade, ruptura a-significante, cartografia e decalcomania.

“Oposto ao grafismo, ao desenho ou à fotografia, oposto aos decalques, o rizoma se refere a um mapa que deve ser produzido, construído, sempre desmontável, conectável, reversível, modificável, com múltiplas entradas e saídas, com suas linhas de fuga.” [DELEUZE, GUATTARI, 1995. Vol.1: p. 32-33]

fg213_01 – Mão com esfera refletora, litografia, 1934 – M.C. Escher

Na mesma obra, sob a denominação de “máquina abstrata”, encontra-se:

“Uma máquina abstrata em si não é mais física ou corpórea do que semiótica, ela é diagramática (ignora ainda mais a distinção do artificial e do natural). Opera por matéria, e não por substância; por função, e não por forma. As substâncias, as formas, são de expressão ‘ou’ de conteúdo. Mas as funções não estão ainda ‘fisicamente’ formadas. A máquina abstrata é a pura Função-Matéria – o diagrama, independente das formas e das substâncias, das expressões e dos conteúdos que irá repartir. (...) Um diagrama, com efeito, não tem nem substância nem forma, nem conteúdo nem expressão. (...) Existe diagrama cada vez que uma máquina abstrata singular funciona diretamente em uma matéria. Eis então que, no nível diagramático ou no plano de consistência não existem nem mesmo regimes de signos propriamente falando, já que não há mais forma de expressão que se distinguiria realmente de uma forma de conteúdo. O diagrama só conhece traços, pontas, que são ainda de conteúdo, dado que são materiais, ou de expressão, por serem funcionais, mas que arrastam uns aos outros, se alternam e se confundem em uma desterritorialização comum: signos-partículas, partisignos.” [DELEUZE, GUATTARI, 1995. Vol.2: p. 99-101]

Ainda no mesmo volume:

“ Um regime de signos não tem apenas dois componentes. Há, de fato, quatro componentes, que constituem o objeto da Pragmática. O primeiro é o componente gerativo, que mostra como a forma de expressão, em um estrato de linguagem, recorre sempre a vários regimes combinados (...) O segundo componente, transformacional, mostra como um regime abstrato pode ser traduzido em um outro, se transformar em um outro e, sobretudo, ser criado a partir de outros (...) o terceiro componente é diagramático: consiste em tomar os regimes de signos ou as formas de expressão para deles extrair signos-partículas que não são mais formalizados, mas constituem traços não-formados, combináveis uns com os outros. Eis aí, o auge da abstração, mas igualmente o momento no qual a abstração se torna real (...) Enfim, um último componente propriamente maquinico deve mostrar como as máquinas abstratas se efetuam em agenciamentos concretos, que dão precisamente uma forma distinta aos traços de conteúdo.” [DELEUZE, GUATTARI, 1995. Vol.2: p.104-105]

2.1.4 aproximação pela lógica - matemática

A consideração da Matemática como um campo privilegiado da linguagem, primordialmente pelas relações de reciprocidade que estabelece entre sistemas representacionais algébricos e geométricos, realiza um movimento de confluência para o que foi desenvolvido até aqui. Ou, poder-se-ia dizer que muito do que aqui se desenvolveu ao serem tratados assuntos como processos de pensamento e de representação, tomando pensamento e representação como operações realizadas por meio de relações, indiretamente dela se tratou. A linguagem matemática é puramente relacional, ou melhor, é relacional por ser linguagem e como tal, processos de raciocínio e representação são imbricados, são tão somente uma única operação por meio de relações.

⁷ *“all mathematical reasoning is diagrammatic, and all necessary reasoning is mathematical reasoning, no matter how simple it may be.” [EISELE, 1976: p.4,47, apud ZEMAN, 2002B]*

As operações matemáticas se notabilizam por duas características, lógica e síntese, sobre as quais baseiam-se. E tal fato é ressaltado por Peirce: *“todo raciocínio matemático é diagramático, e todo raciocínio essencial é um raciocínio matemático, não importando o quão simples ele parece ser”*⁷ [EISELE, 1976: p.4,47, apud ZEMAN, 2002B]. A lógica presente no raciocínio permite estabelecer inferências relacionando dados por meio de deduções, induções e abduções, almejando o percurso essencial - o que faz com que muitos teoremas sejam superados por outros, tornando-se corolários dos segundos. Do mesmo modo, a síntese almejada na representação, quer seja por expressões algébricas ou diagramas, é sempre icônica, isto é, análoga às relações constituintes do objeto que representa, permitindo a fidelidade das inferências.

A correspondência entre raciocínio e representação se estende à correspondência entre os sistemas de representação utilizados pelo geômetra. Há um canal contínuo entre o raciocínio lógico e a construção dos diagramas e sentenças: é operação comum o desenvolvimento de um teorema por vias simultâneas, diagrama e expressão algébrica sobrepõem-se e complementam-se. Linguagem gráfica espacial e linguagem gráfica linear em grande medida correspondem-se:

“...O desenho tem uma relação de interdependência com o que está situado além do sinal de igual (=): à uma reta, diagrama sintético, corresponde a sua equação, uma descrição com variáveis de análise. Alteram-se as variáveis, e o desenho da reta sofre suas alterações; um novo desenho da reta e são novos os seus pares ordenados... Na correspondência entre a representação algébrica e a geométrica é necessário, por parte do geômetra, o domínio do código-linguagem do desenho...” [MARAR, SPERLING, 2001]

O entendimento da linguagem - e da matemática - como uma rede de relações encontra seu rebatimento com o funcionamento do diagrama e das expressões algébricas, os quais promovem tanto uma rede de relações internas a si, como com outros diagramas e expressões e com outros objetos. No entanto as relações existentes entre objetos encontram nos diagramas maior continuidade ou similaridade do que nas linguagens seqüenciais. Se os diagramas recebem o mesmo status lógico que sentenças, há entre eles diferenças claras. Para Bertrand Russell [RUSSELL, 1923: p.145-154 apud: SEP, 2002: p.08] as relações espaciais entre objetos em um diagrama podem ser utilizadas para representar relações entre objetos em outro domínio, no caso deste trabalho na arquitetura, o que ocorre de maneira limitada nas linguagens seqüenciais. Uma aproximação que já se permite entre a representação por diagramas e o processo projetual em arquitetura, além da ocorrência do pensamento e da representação estruturada constituída por imagens, é a utilização de um sistema de representação baseado em relações espaciais para traduzir outro domínio que trabalha sobre relações espaciais, a arquitetura.

fg214_01 – Reta e parábola

$$ax + y = 0$$

$$ax^2 - y = 0$$

⁸ “Sequential languages (e.g., symbolic logics, natural languages), however, use only the relation of concatenation to represent relations between objects. The peculiar representational use of spatial relations in the case of diagrams is direct and intuitive... The idea is that sentential languages are based on acoustic signals which are sequential in nature, and so must have a compensatingly complex syntax in order to express certain relationships - whereas diagrams, being two-dimensional, are able to display some relationships without the intervention of a complex syntax. Diagrams exploit this possibility - the use of spatial relations to represent other relations.” [SEP, p.08]

*“Linguagens seqüenciais (por exemplo, lógica simbólica, linguagens naturais), porém, usam somente a relação de concatenação para representar relações entre objetos. O peculiar uso representacional de relações espaciais no caso dos diagramas é direto e intuitivo... A idéia é que linguagens verbais são baseadas em sinais acústicos que são seqüenciais por natureza, e então devem ter uma sintaxe complexa compensatória necessária para expressar certas relações - sendo que os diagramas, entidades bidimensionais, são capazes de mostrar certas conexões sem a intervenção de sintaxes complexas... Diagramas exploram essa possibilidade - o uso de relações espaciais para representar outras relações.” [SEP, p.08]*⁸

Os diagramas têm larga utilização em matemática, tanto como sistemas representacionais quanto como ferramentas de investigação, desde a simples representação de uma reta no plano cartesiano até, algo de maior dificuldade para visualização, a simulação de autointerseções de uma superfície em um ambiente de três dimensões. Associando os já citados Russell, Peirce e Costa, os diagramas podem ser entendidos como ferramentas operativas e representacionais que manipulam relações em três níveis. O primeiro deles é formado por relações aqui nomeadas de *trans*-diagramas, isto é, aquelas que realizam traduções entre signo e objeto, entre os diagramas internos do pensamento para o diagrama externo e vice-versa, transcendendo sua própria execução no sentido da criação. O segundo nível é formado por relações *intra*-diagramas, aquelas inerentes aos seus elementos formadores e que dizem respeito a própria constituição do diagrama. O terceiro nível é formado pelas relações *inter*-diagramas; relações quer de encadeamento lógico seqüencial estabelecendo percursos de continuidade, quer de aproximação de diagramas, estabelecendo relações de similaridade/contiguidade. Deste modo, um diagrama de uma reta no plano cartesiano, dialoga no primeiro nível com o raciocínio que elabora a imagem mental da reta; no segundo nível, coloca seus elementos em relação, a reta com o eixo das abcissas, a reta com o eixo das ordenadas, distâncias e ângulos; no terceiro nível permite distinguir-se de um diagrama de uma curva, ou apresentar similaridades com o diagrama de uma reta com coordenadas distintas.

A utilização de diagramas como ferramentas heurísticas na matemática remonta às ilustrações de silogismos realizadas por Leonhard Euler no século XVIII. Utilizando curvas fechadas, Euler conseguiu representar quatro categorias de relações, duas universais e duas de declarações existenciais. Para as declarações universais, o sistema adota relações entre círculos de uma forma intuitiva: se o círculo denominado “A” está incluído no círculo denominado “B”, então o diagrama representa a informação que todo A é B. Na outra possibilidade, se não há sobreposição entre os dois círculos, o diagrama traduz a informação que A não é B. Representações que seguem a seguinte convenção: A

todo objeto x no domínio é atribuída uma única posição, dita $l(x)$, no plano tal que $l(x)$ está na região R se e somente se x é um componente da seleção que a região R representa.

fg214_02 – Diagramas de Euler

A visualização direta permitida pelo sistema traduz-se em inferência igualmente direta. A representação de caracterizações espaciais e posições ocupadas por objetos em relação a regiões fechadas faz uso apenas do desenho de círculos, sem a adição de quaisquer convenções e por analogia, relações que exercem influência sobre objetos podem ser expressas e afirmadas por meio das mesmas relações sobre os círculos que os representam.

Já os dois casos de declarações existenciais não são passíveis de representação por meio dos Círculos de Euler sem certa ambigüidade - o que o próprio Euler inicialmente considerava possível, por meio de inferência visual que algo em A é contido também em B desde que parte da área A esteja contida na área B. No diagrama referente a "Algum A é B" não somente uma parte do círculo A é contido pela área B - como Euler descreveu - mas também outras três são as ocorrências: parte do círculo B é contido pela área A; parte do círculo A não é contido no círculo B; e parte do círculo B não é contido pelo círculo A. Daí, o diagrama "Algum A é B" poder ser lido também como "Algum B é A", "Algum A não é B" e "Algum B não é A". As mesmas conclusões

fg214_03 – Diagramas de Euler

podem ser retiradas dos seguintes exemplos, quando se ampliam os números de regiões; nos dois primeiros casos, de declarações universais, as inferências são diretas e não passíveis de erros. No primeiro, Todo A é B, Todo C é A. Por consequência, Todo C é B. No segundo Nenhum A é B. Todo C é B. Portanto, nenhum C é A.

Com a introdução de declarações existenciais, o sistema novamente incorre em ambigüidades. Euler apresenta a proposição “Nenhum A é B”, “Algum C é A”, e por consequência “Algum C não é B” que poderia ser lida nos seguintes três casos de diagramas. A possibilidade da leitura de tal proposição está distante de ser visualmente clara, o que pode sugerir “Nenhum C é B”, no primeiro caso e “Todo B é C”, no segundo.

fg214_04 – Diagramas de Euler

A característica de consistência, que possibilita certo sistema representacional representar relações de modo claro, confiável e sem ambigüidades é, pois, condição essencial para seu uso, o que determina a escolha do sistema representacional frente às relações que irá representar:

⁹ “...an Euler Circles diagram ventures to capture relationships between sets using topological relationships between plane regions in such a way that that it depicts all the possible ways that a certain collection of set-theoretic statements could be true. This has two important consequences: (1) if a certain diagram cannot be drawn then the described situation must be impossible (termed “self-consistency”), and (2) if a certain relationship between diagram objects must be drawn, then the corresponding relation can be inferred as logically valid. This style of diagrammatic reasoning is thus dependent on a particular representational use of diagrams - that they represent classes of models. If a particular class of models cannot be represented by a diagrammatic system, then those cases will not be taken into account in inferences using the system, and incorrect inferences might be drawn. This fact makes the representational adequacy of diagrammatic systems, restricted by their spatial nature...” [SEP, p.08]

“... um diagrama de Círculos de Euler se propõe a capturar relações entre grupos usando relações topológicas entre regiões planas do mesmo modo que descreve todas as possíveis maneiras em que um certo conjunto de grupos de declarações teóricas poderiam ser verdadeiros. Isso tem duas conseqüências importantes: (1) se um certo diagrama não pode ser desenhado então a situação descrita deve ser impossível (chamada ‘consistência própria’), e (2) se uma certa relação entre objetos de diagramas deve ser concluída, então a relação correspondente pode ser inferida como logicamente válida. Este estilo de raciocínio diagramático é deste modo dependente de um uso representacional particular de diagramas – no qual eles representam classes de modelos. Se uma classe particular de modelos não pode ser representada por um sistema diagramático, então esses casos não poderão ser considerados em inferências que usam o sistema, e inferências incorretas poderiam ser concluídas. Esse fato torna a adequação representacional de sistemas diagramáticos restrita por sua natureza espacial...” [SEP, p.08] ⁹

Apesar das limitações representacionais do sistema proposto por Euler referentes à própria limitação colocada pelo uso de elementos mínimos - apenas regiões fechadas - as duas condições anteriores decorrentes dos Círculos de Euler devem ser destacadas, pois podem remeter ao projeto em arquitetura. Das duas decorre a interdependência entre objeto, diagrama e inferência lógica - como a tríade proposta por Peirce, objeto, signo, interpretante -; na primeira, a consistência do raciocínio é dependente da possibilidade de execução do desenho; este, como síntese, é parâmetro de existência do objeto; na segunda, se algo é passível de desenho, é passível de ser inferido. O diagrama é então ferramenta criadora, a partir da qual o raciocínio é validado e da qual o objeto toma forma. Diagrama como *medium* entre raciocínio e objeto.

Considerando os pontos fracos dos Círculos de Euler, John Venn¹⁰, um século após, propõe a ampliação de seu sistema por meio dos chamados Diagramas de Venn com o qual informações parciais poderiam ser representadas. A grande diferença entre os dois sistemas é a proposição por Venn dos Diagramas Primários, que poderiam representar as diversas relações possíveis entre um número determinado de regiões, sem a afirmação de qualquer compromisso existencial entre elas.

Sem avançar sobre o trabalho de Euler nos casos de declarações existenciais, Venn introduz um novo elemento sintático para representar compromissos existenciais em declarações universais - aquelas já suportadas pelos Círculos de Euler. Venn propõe o sombreamento de áreas apropriadas como visualização de áreas vazias, proposição que permite a representação de duas informações compatíveis trazendo maior flexibilidade aos diagramas, como se mostra a seguir. No primeiro diagrama duas informações são combinadas, "Todo A é B" e "Nenhum A é B", o que transmite a informação "Nada é A". No segundo "Todo A é B" e "Todo B é A" são traduzidos claramente que "A é o mesmo que B".

Peirce, por volta de vinte anos depois dos trabalhos de Venn, propõe representações diagramáticas para declarações existenciais, os chamados Grafos Existenciais, após observar as limitações dos diagramas de Venn referentes às declarações existenciais, informações disjuntivas, probabilidades e relações. Centrando foco nas duas primeiras questões, sua proposição

¹⁰ John Venn (Hull, Inglaterra, 1834 – Cambridge, Inglaterra, 1923) foi *M.A. Fellow and Lecturer in Moral Science* do Caius College, Cambridge. Publicou dois grandes trabalhos na área de lógica: *Symbolic Logic*, em 1881, e *The Principles of Empirical Logic*, em 1889. Os diagramas de Venn foram introduzidos por ele no artigo *On the Diagrammatic and Mechanical Representation of Propositions and Reasonings*, editado na *Philosophical Magazine and Journal of Science* S. 5. Vol. 9. No. 59. July 1880. Para maiores detalhes ver URL: <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/Venn.html>

fg214_05 – Diagramas primários de Venn

fg214_06 – Diagramas de Venn

parte de três dispositivos: A substituição do sombreado de Venn que significa vazio por um novo símbolo, a letra 'o'; a introdução do símbolo 'x' para importância existencial; e a introdução de um símbolo linear '-' que conecta 'o' e 'x', para informações disjuntivas.

A substituição do sombreado pelo símbolo 'o' para representar vazio responde a necessidade de conexão entre duas condições, vazio e significância existencial, o que não seria possível de conectar por meio de sombras ou sombras e 'x's. O diagrama abaixo representa algo que os sistemas de Euler e Venn não o fariam em apenas um diagrama, a declaração "Todo A é B ou Algum A é B". Aumentando a complexidade da proposição, o diagrama seguinte representa: "Ou Todo A é B e Algum A é B, ou Nenhum A é B e Algum B não é A".

fg214_07 – Diagramas de Peirce

Para alcançar a expansão do potencial expressivo do diagrama, Peirce lança mão da adição de novos símbolos, o que em contrapartida diminui a clareza visual da leitura

direta possível por meio do uso de círculos e sombreamentos dos sistemas anteriores ao seu. Ler os diagramas de Peirce requer mais do que uma simples leitura visual, mas a iniciação do leitor em um número maior de regras e convenções, pois a introdução de símbolos aumenta o grau das convenções presentes no diagrama, distanciando-o de seu caráter icônico, passível de ser captado visualmente. A leitura do diagrama icônico que é realizada de modo simultâneo de suas partes cede lugar a um diagrama que necessita de uma leitura seqüencial, próxima a uma expressão algébrica.

O desenvolvimento de sistemas representacionais por diagramas segue até os dias atuais como os realizados por Shin a partir da década de 1990 [SHIN, 1991 apud SEP, 2002: p. 06], restaurando a clareza visual dos diagramas de Peirce, mas trazendo consigo uma perda de seu poder expressivo. Para o que se pretende, a retenção de algumas características de funcionamento dos diagramas em lógica matemática, os exemplos citados até aqui se apresentam suficientes.

Como já frisado, característica intrínseca ao diagrama é o seu caráter icônico que permite não só a representação de relações do objeto por relações análogas a ele, mas a leitura simultânea de suas partes, como em uma imagem sintética. De seu caráter de síntese - tanto sintática quanto semântica - decorre seu potencial expressivo sendo que a introdução de símbolos, ao aumentar seu potencial de representação, o distancia do objeto, além de trazer convenções à leitura que passa a ser linear e hierarquizada. A clareza visual de um diagrama é inversamente proporcional à introdução de símbolos para a representação.

Segundo Russell [RUSSELL, 1923 apud: SEP, 2002], o diagrama exerce função de *representamen* primordialmente de relações espaciais. Nos diagramas chamados de silogismos, são apresentadas certas condições iniciais a partir das quais são inferidas outras relações existentes; nos casos específicos dos diagramas de Euler aos de Peirce, são as relações entre regiões ou áreas fechadas, e entre áreas fechadas e seus componentes. As primeiras podem subdividir-se em compartilhamento que pode ser parcial - em matemática denominado interseção - e total - denominado sobreposição - , e não compartilhamento ou não relação, quando duas regiões não se tocam não apresentando elementos comuns. Das segundas, entre as regiões e seus componentes, ou entre continente e conteúdo, decorrem as situações de cheio ou vazio. Relações de compartilhamento ou não-relação entre regiões, e entre regiões e componentes - continente e conteúdo - de cheios e vazios são análogas a situações encontradas em arquitetura. Para além dos casos dicotômicos, os casos híbridos ou de declarações existenciais, apresentam ainda maior interesse se consideradas as qualificações espaciais arquitetônicas como gradações entre os extremos: do aberto ao fechado, do amplo ao restrito, do público ao privado.

2.2 o diagrama em topologia

Em Topologia, duas são as áreas que, por possíveis interrelações com processos de representação em Arquitetura e por algumas conexões que mantém entre si, serão percorridas: a Topologia de Redes e a Topologia Geométrica, sendo que nesta última encontra-se a especificidade do diagrama que se investiga: o diagrama processual topológico.

2.2.1 em topologia de redes – o grafo

O início dos estudos sobre Grafos remonta novamente a Euler (séc XVIII), que dentre sua numerosa produção científica, formulou o primeiro problema do que seria chamada posteriormente a Teoria dos Grafos, a partir de uma questão relevante para a arquitetura, mais especificamente ao planejamento urbano. O problema das pontes de Königsberg (atualmente Kaliningrado) na Prússia apresentava a seguinte questão: na cidade, cortada pelo rio Nagel, formada por duas margens e duas ilhas centrais unidas por sete pontes, seria possível passar pelas quatro áreas iniciando em um ponto qualquer, cruzando todas as pontes apenas uma vez e voltar ao ponto inicial? Tendo como elementos centrais para a resolução do problema as quatro áreas e as sete pontes, Euler construiu um diagrama simplificado em que as quatro partes da cidade são representadas por pontos e as pontes por linhas unindo estes pontos. Partindo do fato de que para cada ponto da cidade deve haver uma chegada e uma partida e que elas devem ser distintas, pois se deve cruzar uma ponte ou passar por cada linha do grafo uma única vez, só haverá uma rota possível se o número de ligações incidindo em cada um dos pontos for constante. O que não ocorre no caso das pontes de Königsberg e, como Euler demonstrou, o problema não tem solução.

fg221_01 - pontes de Königsberg e a representação em grafos

dos Grafos foram realizadas somente um século depois em áreas tão distintas como a química (por Cayley), a biologia (por Jordan) ou a engenharia elétrica (por Kirchoff), o que dificultou a sintetização dos dados obtidos. O estudo dos grafos vem a ter um grande desenvolvimento com a invenção do computador - sem o qual muitas de suas aplicações não seriam possíveis - por meio de sua utilização em problemas de otimização organizacional, dentro do campo da pesquisa operacional. Uma vez “descoberta” a teoria, foram diversas as suas aplicações tanto no campo das ciências físicas como nas humanas, o que pode ser considerado recente se forem tomadas as datas do surgimento do primeiro livro específico da área, a década de 1930, e do surgimento da imensa maioria das publicações na área, a partir de 1970 [BOAVENTURA, 1996, p.03]. Desde então, grafos têm sido usados nas ciências humanas em áreas como o estudo científico sobre tomadas de decisão, e igualmente para representar a estrutura das organizações humanas [MARCH, 1971: p. 243].

Euler, partindo da observação de um problema, transferiu as relações existentes entre suas partes para uma representação esquemática a fim de torná-las visíveis, isto é, claramente inteligíveis; substituiu os objetos do problema por pontos, atualmente chamados de vértices, sobre os quais incidem as relações, e estas, as substituiu por segmentos de reta, chamados de arestas. A ação de Euler de desvendar relações entre objetos por meio da construção de grafos análogos ao problema encontrado já prenuncia o campo de atuação da Teoria dos Grafos, o estudo das relações existentes entre diversos objetos de análise, e apresenta a ferramenta para tal procedimento: o **Grafo**. Representação gráfica de relações existentes entre elementos de dados, o grafo pode ser descrito, num espaço euclidiano de n dimensões, como um conjunto finito V de pontos deste espaço chamados vértices e um conjunto finito A de curvas contínuas ou arestas que unem pares estratégicos de vértices de modo que qualquer par de vértices distintos determine pelo menos uma aresta. Aos grafos podem ser aplicadas operações que representam as operações que sofrem os seus componentes – os dados -, tais como: inserção ou retirada de arestas ou vértices, rotação, fusão, inversão, união, intersecção.

fg221_02 – grafo completo

Pelo modo como os vértices são conectados têm-se a classificação dos grafos em **Grafo Completo** e **Grafo Completo Bipartido**. O primeiro é aquele que tem cada vértice unido a todos os outros vértices por uma aresta (um grafo completo de n vértices é denotado por K_n). O segundo é aquele em que cada vértice de um de seus dois grupos é unido por uma aresta a cada um dos vértices do outro grupo, mas em que os vértices de um mesmo grupo não são unidos entre si (um grafo de m e n vértices é denotado por $K_{m,n}$). Um determinado grafo A pode ainda ser considerado um **Sub-grafo** de um outro grafo B, se cada vértice de A corresponder a um vértice de B e cada aresta de A a uma aresta de B.

Ainda quanto a correspondência entre grafos têm-se duas classificações. Dois grafos, G_1 e G_2 , são considerados **Grafos Isomorfos** se seus vértices podem ser colocados em correspondência um-a-um de modo que um par de vértices de G_1 esteja unido por uma aresta se e somente se o par correspondente de vértices em G_2 também esteja unido por uma aresta. Ou ainda, dois grafos G e H , são ditos **Grafos Homeomorfos** se são isomorfos ou se cada grafo pode ser obtido de um terceiro grafo J pela introdução de novos vértices nas arestas de J , isto é, se têm uma mesma matriz. (Ver o conceito de **Homeomorfismo** aplicado às superfícies no item 2.2.2.1)

fg221_03 – grafo completo bipartido

fg221_04 – subgrafo

fg221_05 – grafos isomorfos

fg221_06 – grafos homeomorfos

Da definição de grafo, dois são seus elementos constituidores, o objeto (vértice) e a relação (aresta), seguidos de um elemento condicional para a sua representação, o espaço euclidiano. Dada a sua característica topológica de guardar relações mesmo que alterada sua forma, os grafos são representações não regidas por condicionantes métricas e formais, apenas por relações topológicas entre seus pontos; os vértices podem ser posicionados em qualquer parte do espaço representacional e as curvas não necessitam seguir dimensões fixas, já que posição no espaço e dimensão métrica não são relevantes. A forma se altera e as relações permanecem.

A forma na representação por grafos é, então, algo secundário, relevante apenas na procura por maior concisão e clareza na transmissão das relações entre objetos. É possível, por exemplo, a construção de um grafo com curvas cruzadas, algo, porém, não desejável por não permitir total clareza de leitura; a não existência de cruzamentos de linhas em um grafo, ou a redução de um grafo a esta condição - o equivalente a uma nova projeção do ambiente 3D para o 2D - confere-lhe a condição de grafo planar, isto é, pode ser representado no plano bidimensional sem gerar dúvidas. Isto não ocorrendo, o grafo é denominado não-planar, o que o torna claro apenas se representado em 3 dimensões. Relações com um certo nível de complexidade - como as encontradas nos grafos K_5 ou K_{3-3} - necessitam da terceira dimensão para a sua resolução, o que de certa forma traz limitantes às propriedades espaciais - topológicas e geométricas - que os grafos planares podem representar¹¹.

Algo decorrente do conceito de **Mergulho** – que se refere também a superfícies. Um grafo G é considerado mergulhado em uma superfície M , quando é possível desenhá-lo de tal modo que duas arestas não se toquem, exceto em um vértice. Em decorrência,

¹¹ Considerar o aumento de uma dimensão aos diagramas, isto é, a construção de diagramas tridimensionais seria um grande incremento em sua capacidade representacional em casos de maior complexidade espacial, o que no campo específico da arquitetura poderia resultar na construção de diagramas tridimensionais análogos aos objetos arquitetônicos tridimensionais ou, apenas $n-1$ dimensional em relação a arquiteturas de dimensão 4.

fg222_07 – grafo
mergulhado

fg222_08 – grafos
mergulhados na Fita de
Möbius

um grafo é dito planar se pode ser mergulhado em um plano; se isto não ocorrer ele é dito não-planar, como por exemplo os grafos K_5 e $K_{3,3}$ - o Teorema de Kuratowski, por exemplo, define que um grafo é planar se e somente se não possui um subgrafo homeomorfo a K_5 e $K_{3,3}$. Porém os grafos K_5 e $K_{3,3}$ (respectivamente, cada um dos vértices unido aos outros quatro e três vértices unidos a outros três), não-planares, isto é, que não mergulham em uma superfície orientável, pois seus eixos se cruzam fora dos vértices, mergulham em uma superfície não-orientável como a Faixa de Möbius, onde a resolução do entrecruzamento de eixos é realizada pela torção presente na fita.

O grafo prima por ser uma representação sintética de seu objeto de análise, traduzindo as suas partes e as relações existentes entre elas, de modo análogo, por meio de inscrições sintéticas: pontos e linhas como elementos e conexões que constituem a especificidade do objeto; o grafo torna-se seu mapa, apresenta-se na qualidade de diagrama. As qualificações apresentadas para o (ou extraídas do) diagrama são passíveis de serem totalmente transferidas para os grafos, pois estes são diagramáticos, e como diagramas podem ser encarados. Possibilidade que se apresenta em dois excertos selecionados: *“A representação esquemática de grafos... apresenta a vantagem da fácil apreensão pela percepção global no que se refere a alguns de seus aspectos topológicos.”* [BOAVENTURA, 1996, p.16] e *“O valor do grafo consiste na capacidade que possui em revelar a estrutura essencial de um conjunto de relações”*. [MARCH, 1971: P.243]¹²

¹² *“The value of the graph lies in the capacity it has for showing up the essential structure of a set of relationships.”* [MARCH, 1971: p. 243]

A *“fácil apreensão”* e a *“percepção global”* destacadas por Boaventura refletem o caráter icônico do grafo, como *representamen* de relações do objeto por relações análogas: o grafo apreende o objeto em sua totalidade (ou globalidade) e permite ao seu leitor a extração direta dos dados por meio de sua leitura simultânea, pois seus dados se apresentam simultaneamente ao leitor. Em March, apreensão e percepção aparecem como revelação, como algo que antes obscurecido passa a ser desimpedido de obstáculos ao olhar e à intelecção. Outra aproximação entre os dois textos é o objeto da representação que é descrito de modo diverso, mas sinônimo: *“aspectos topológicos”* e *“estrutura essencial de um conjunto de relações”* são, na verdade, o mesmo objeto de representação do grafo. O grafo-diagrama apresenta então um caráter icônico e um caráter topológico que sugerem aproximação, pois ambos podem ser descritos como uma *“estrutura essencial de um conjunto de relações”*. De tal fato, pode-se sugerir que a Topologia do objeto só é representada iconicamente pelo diagrama topológico e uma representação só usufrui a condição de ser diagrama topológico se e somente se representa a Topologia do objeto.

2.2.2 em topologia geométrica – o diagrama topológico

Em Topologia geométrica situa-se o objeto central de estudo deste trabalho, um tipo específico de diagrama: o diagrama de processo de geração de superfícies em Topologia. A construção desse capítulo, ao reservar certo espaço para algumas reflexões desenvolvidas sobre os diagramas no campo da lógica – quer pela semiótica, quer pela matemática – e ainda em um campo correlato, a Topologia de Redes, se apresenta como fruto do entendimento de que o diagrama de processo em Topologia constitui um específico dentro de uma condição geral, reportando-se a ela por ser diagrama, e reportando-se à Topologia, pela condição de diagrama topológico. Deste modo, considera-se que desde o início desse capítulo o diagrama topológico já tem sido objeto de análise em sua porção diagrama, à qual convergirá sua especificidade processual topológica no item que se inicia.

Antes, porém, faz-se necessária a construção de um contexto, a delimitação de um pequeno arcabouço de conceitos primordiais da Topologia que de algum modo se correlacionam à noção de diagrama topológico. De modo que a noção a ser precisada encontre não só maior embasamento teórico, quanto traga consigo maiores informações do campo da Topologia, ao qual diz respeito, e, se possível, contribua para sua melhor compreensão junto à Arquitetura.

2.2.2.1 uma (necessária) referência a conceitos da topologia

Selecionados os conceitos pertinentes, aqueles que introduzem o campo da Topologia e que convergem para a compreensão do diagrama topológico, estes conformam extensão considerável que acaba por constituir um necessário parêntese de teoria referente à Topologia.

Evitando quando possível a construção de um texto denso e a utilização de expressões algébricas, procurou-se apresentar os conceitos de forma sistematizada e intuitiva, para que de maneira intuitiva possam ser entendidos pelo leitor, estruturando uma certa ordem de construção do pensamento, de termos mais gerais aos mais específicos, que dependem dos primeiros. Parte-se, não de uma intuição algébrica, mas de outra, de natureza distinta, que, como disse Henry Poincaré¹³ [POINCARÉ apud GRANON-LAFONT, 1990: p. 38], importante topólogo do início do século XX,

¹³ Jules Henri Poincaré (Nancy, Lorraine, França, 1854 – Paris, França, 1912) publicou seu estudo intitulado *Analysis Situs* em 1895, considerado a primeira pesquisa sistemática sobre topologia. Além da matemática, Poincaré contribuiu para diversas áreas como: mecânica celestial, mecânica de fluidos, teoria da relatividade e filosofia da ciência, sendo por muitos considerado o último universalista em matemática. Na conferência ministrada no *Institut Général Psychologique* em Paris (1908) intitulada *Mathematical invention*, Poincaré volta-se para o seu próprio processo de pensamento que o levou a suas maiores descobertas matemáticas. Foi diretor do *Psychology Laboratory of l'Ecole des Hautes Etudes* em Paris. Em matemática aplicada estudou ótica, eletricidade, telegrafia, capilaridade, elasticidade, termodinâmica, teorial potencial, teoria dos quantuns, teoria da relatividade e cosmologia. Escreveu em *Mathematical definitions in education* (1904): “É pela lógica que provamos, é pela intuição que inventamos”. Para maiores detalhes ver URL: <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/Poincare.html>

traz à Topologia seu diferencial: “O que se faz de interesse para nós nesta *analysis situs* (nome dado à topologia no início de sua existência) é que é aí que intervém verdadeiramente a intuição geométrica.” . Método de investigação que João Sampaio [SAMPAIO, 2000: p. 01] procura esclarecer:

“Para citar um exemplo onde tal método é empregado, tomemos, por exemplo, a teoria dos conjuntos. Sabemos que grande parte das propriedades das operações e relações entre conjuntos pode ser deduzida através dos chamados diagramas de Venn. Os diagramas de Venn fornecem evidências intuitivas dessas propriedades, mas não constituem demonstrações matemáticas das mesmas.”

A conceituação da Topologia passa pela consideração anterior do campo onde se insere, a Geometria - mais especificamente entre as Geometrias Não-Euclidianas -e das noções interrelacionadas de transformação e invariância que estruturam e diferenciam as geometrias. A **Geometria** é o campo da matemática que estuda relações de equivalência entre objetos por meio de transformações, as quais definem subcampos de estudo segundo as suas especificidades. A grande questão geral da geometria, sintetizada por Felix Klein¹⁴ em 1872, pode ser descrita do seguinte modo: dado qualquer elemento geométrico, superfície, sólido etc. e dado também um conjunto de transformações deste elemento ou do espaço que o contém, encontrar todas as propriedades do elemento dado que são invariantes sob as transformações do conjunto.

A **Geometria Euclidiana**, fundada sobre os Postulados e Axiomas (noções comuns) de Euclides, estuda as propriedades geométricas que são invariantes sob transformações rígidas ou isométricas (ie. que preservam distâncias entre pontos). Portanto, em Geometria Euclidiana, duas figuras são consideradas equivalentes ou congruentes se uma pode ser obtida de outra por uma ou mais isometrias, quais são translação e rotação, em ambiente bidimensional, e translação, rotação e reflexão, em ambiente tridimensional.

Em 300 a.C., Euclides escreveu os agora conhecidos como *Os Elementos de Euclides* e que contém diversas Proposições divididas em treze livros: os seis primeiros sobre geometria plana elementar, do sexto ao nono sobre teoria dos números, o décimo sobre os incomensuráveis e os três últimos primordialmente sobre geometria no espaço. Dentre os seus conceitos fundamentais, como o ponto e a linha, encontra-se o **Plano Euclidiano**, uma superfície plana sem bordo e infinita onde são válidos os Axiomas

¹⁴ Felix Christian Klein (Düsseldorf, Prússia, atualmente Alemanha, 1849 - Göttingen, Alemanha, 1925) foi presidente da Comissão Internacional sobre Ensino de Matemática no Congresso Internacional de Matemática em Roma, em 1908. Sua síntese da geometria como o estudo de propriedades do espaço que são invariantes sob um certo grupo de transformações, conhecida como *Erlanger Programm* (1872), exerceu grande influência no posterior desenvolvimento da matemática. “Transformações” é um assunto de grande relevância em matemática moderna, ao qual Klein contribuiu mostrando que propriedades essenciais de uma dada geometria podem ser representadas por um grupo de transformações que preservam tais propriedades. Klein também foi responsável pela descoberta de uma das superfícies não-orientáveis básicas da topologia, a Garrafa de Klein (Ver **Garrafa de Klein**). Para detalhes ver URL: <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/Klein.html>

de Euclides. E dentre os postulados são fundamentais o quinto, conhecido como o postulado das retas paralelas (que na sua versão moderna estabelece que dados um ponto P em um plano e uma linha reta L não passando pelo ponto P , apenas uma linha reta L' pode ser desenhada no plano passando por P , tal que L e L' nunca se cruzem) e a proposição da constante da soma dos ângulos internos de um triângulo (180°), dos quais são subordinadas diversas construções na geometria euclidiana. Em seu campo, dimensões métricas e angulares, e proporções são critérios de classificação das figuras geométricas e dados básicos para o cálculo de suas propriedades internas, tais como área, perímetro, alturas, lados do polígono, raio, entre outras.

Em **Geometria de Similaridades** são estudadas as propriedades preservadas sob transformações isométricas além de expansão e contração, como por exemplo, relação entre distâncias, regularidade dos polígonos, figuras parabólicas e paralelismo. Nesta geometria duas figuras são equivalentes se uma pode ser obtida de outra por uma ou mais similaridades. Neste caso, figuras congruentes são equivalentes, como também figuras similares são equivalentes entre si, porém nem todas figuras equivalentes são congruentes.

Em **Geometria de Afinidades**, além das operações para similaridades são permitidas outras duas operações, deslizamento e tensão, as quais não preservam distância, área, ângulos e eventualmente forma, mas sob as quais as seguintes propriedades são invariantes: proporcionalidade na divisão de retas em semi-retas, manutenção de configurações finitas, manutenção de paralelismos.

fg222_01 –
Geometrias Euclidiana
e não-Euclidiana

Em oposição à Geometria Euclidiana, as **Geometrias Não-Euclidianas** estudam as transformações e invariâncias que não se verificam no Plano Euclidiano. Historicamente, denominam-se Geometrias Não-Euclidianas as geometrias onde não se verifica o quinto postulado de Euclides. O matemático Girolamo Saccheri¹⁵ mostra que isso equivale a negar que a soma dos ângulos internos de um triângulo é igual a 180° . Têm-se, assim, duas possibilidades: maior que 180° ou menor que 180° , onde no primeiro caso a geometria é denominada **Geometria Esférica** (ou **Elíptica**) e no segundo **Geometria Hiperbólica**.

¹⁵ Giovanni Girolamo Saccheri (San Remo, Itália, 1667 – Milão, Itália, 1733) ingressou na ordem jesuíta em 1685, onde desenvolveu seus estudos em filosofia, teologia e matemática, lecionando posteriormente nas três áreas em alguns colégios italianos. Em *Euclides ab Omni Naevo Vindicatus* (1733), seu último trabalho, desenvolveu importantes considerações sobre as geometrias não-euclidianas. Trabalhou também com lógica matemática – em *Logica Demonstrativa* (1697) trata a lógica com definições, postulados e demonstrações, seguindo a maneira de Euclides em *Os Elementos*. Para detalhes ver URL: <http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Saccheri.html>

fg222_02 - Material
Elastômero

¹⁶ Johann Benedict Listing (Frankfurt, Alemanha, 1808 - Göttingen, Germany, 1882) inicia seus primeiros estudos em topologia influenciado por seu contato direto com Gauss. Atribui-se a Listing a invenção da Faixa de Möbius 20 anos antes que o próprio Möbius a apresentasse! (Também em 1930, Max Bill com sua escultura de mármore branco, Faixa sem Fim, acredita ter descoberto a Faixa de Möbius. Em seu livro *Surfaces* ele posteriormente se desculpa pela ignorância.) É em uma carta que Listing escreve a um de seus professores com o sumário de suas reflexões sobre o tópico que a palavra "topologia" aparece pela primeira vez, sendo que a primeira publicação em que o termo aparece é seu livro *Vorstudien zur Topologie* (1847). São dele também outros termos utilizados atualmente como: "fenômeno entrópico", "pontos nodais", "luz homocêntrica", "sistema telescópico" além de "um micron" como a milionésima parte do metro. Para detalhes ver URL: <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/Listing.html>

¹⁷ "By topology we mean the doctrine of the modal features of objects, or of the laws of connection, of relative position and of succession of points, lines, surfaces, bodies and their parts, or aggregates in space, always without regard to matters of measure or quantity." [LISTING apud O'CONNOR, J. J. , ROBERTSON, E. F., 2000]

Dentre as Geometrias Não-Euclidianas, a **Topologia** caracteriza-se pelo estudo de propriedades de figuras geométricas invariantes sob transformações topológicas (que para o momento podem ser exemplificadas por ações de encolher, esticar, deformar etc., chamados adiante de homeomorfismos).

A invenção do termo Topologia - *logos* (estudo), *topos* (lugar) - é atribuída ao matemático alemão Listing¹⁶, para a qual deu a seguinte definição:

"Por topologia nós entendemos a teoria das características modais dos objetos, ou das leis de conexão, de posições relativas e de sucessão de pontos, linhas, superfícies, corpos e suas partes, ou agregados no espaço, sempre sem considerar os problemas de medidas ou quantidade." [LISTING apud O'CONNOR, J. J. , ROBERTSON, E. F., 2000] ¹⁷

A Topologia foi inicialmente chamada por Poincaré de *analys situs* e por Leibniz¹⁸ de “geometria de posição”. Qualquer dos nomes preserva em seu sentido a atividade fundamental desta área da geometria: o estudo das propriedades geométricas não afetadas por mudanças de forma. Pela mudança da forma, subentende-se que os “objetos” geométricos em Topologia são construídos com “materiais perfeitamente elásticos” - que são normalmente representados por meio de materiais físicos elásticos como pedaços de borracha. Para a Topologia, se uma superfície for esticada ou encolhida, certas propriedades dela se mantêm inalteradas, podendo como resultado determinar a congruência, isto é, a similaridade entre formas geométricas tão distintas quanto o círculo e o triângulo, ou até mesmo dois polígonos quaisquer. Interessa à Topologia menos a forma, que estaria vinculada à topografia e mais as relações existentes entre os pontos desta forma, o que torna um círculo mais próximo das características de um quadrado do que de um círculo do qual foi retirado um ponto.

¹⁸ Gottfried Wilhelm Leibniz (Leipzig, Alemanha, 1646 – Hanover, Alemanha, 1716) tem destaque na história da filosofia assim como na história da matemática. Em 1676 teve contato com Spinoza, fato que contribuiu grandemente para o desenvolvimento original de seu trabalho. Também desenvolveu métodos de cálculo infinitesimal e inventou o cálculo diferencial e o cálculo integral em 1674, os quais se tornaram sistemas consistentes apenas em 1677 e publicados em 1684. Em seus artigos introduz pela primeira vez termos como “co-ordenadas” e “eixos de co-ordenadas”. Para maiores detalhes ver URL: http://www.maths.tcd.ie/pub/HistMath/People/Leibniz/RouseBall/RB_Leibniz.html

O objeto de estudo da Topologia - as propriedades invariantes sob alteração da forma – demandam a sistematização de sua ação segundo quatro agrupamentos. Seu estudo pressupõe conceitos relacionados primeiramente às **Características** das Variedades ou Superfícies (variedades bidimensionais) que se pretendem **Invariantes**; em segundo lugar, às **Variedades** ou **Superfícies**, aos **Nós** e ao **Ambiente** ou **Espaço** onde se encontram - e ao relacionamento entre si. Em terceiro, à procedimentos ou **Operações** sob as quais se investiga a invariância; e, em quarto, às **Classificações de Superfícies** decorrentes de relações internas e externas (em relação ao Ambiente).

fg222_03, fg222_04
- A cobra e o
elefante I
Saint-Exupéry

fg222_05–
Congruência de
regiões geométricas

No primeiro agrupamento, as **Características Invariantes - Proximidade, Conectividade por Caminhos** entre pontos de uma Variedade e **Continuidade** - são intrínsecas à própria noção de Espaço Topológico. O **Espaço topológico ou Topologia de um Conjunto** é definido como um conjunto S , mais uma coleção não vazia $\mathcal{O}$ de subconjuntos de S , chamados conjuntos abertos, satisfazendo os seguintes quatro axiomas: 1. O conjunto vazio é um elemento da coleção ($\emptyset \in \mathcal{O}$); 2. O conjunto S é um elemento da coleção ($S \in \mathcal{O}$); 3. A união de quaisquer elementos da coleção é um elemento da coleção; 4. A interseção finita de elementos da coleção é um elemento da coleção. [OPEN UNIVERSITY, 1971]

A **Proximidade** entre dois pontos é definida pela Topologia dos conjuntos como a situação que tem como exigência qualquer aberto (aberto = elemento de uma topologia) que contém um destes pontos conter também o outro, ou, equivalentemente, a não existência de dois abertos disjuntos contendo cada um deles – o que corresponderia à **Desconexão**. A **Continuidade** entre dois conjuntos de pontos é a relação, preservada por transformações contínuas, que associa pontos próximos do primeiro conjunto, chamado domínio da relação, a pontos próximos do segundo conjunto, chamado contradomínio da relação. De outro modo, pontos adjacentes devem manter-se adjacentes, relações de vizinhança não devem ser perturbadas.

fg222_06 –
Proximidade

fg222_07 –
Desconexão

fg222_08 –
Continuidade

Outro invariante sob transformações topológicas é o número de curvas fechadas (Ver adiante o **Teorema das Curvas de Jordan**) que podem ser desenhadas em uma superfície sem separá-la, correspondente à noção de **Conectividade por Caminhos** que denota o modo de conexão entre pontos de uma superfície. Uma região ou superfície S é dita *conexa* se quaisquer dois pontos dela podem ser unidos por um arco contínuo situado inteiramente em S . Se S é *conexa* e todo contorno fechado C em S separa S em duas partes conexas, das quais uma tem C como seu bordo, S é dita *conexa por caminhos*. Um arco que une dois pontos do bordo (bordo = linha de limite da superfície) de uma superfície *conexa por caminhos* S divide S em duas superfícies *conexas por caminhos*.

Intuitivamente, o conceito de *conectividade por caminhos* pode ser entendido tomando-se dois discos circulares (Ver **Disco**), um sem furos e outro com furos, com as seguintes características: o primeiro possui uma borda simples formada pela circunferência do disco, o segundo além desta borda possui as bordas dos diversos furos. No primeiro disco, dito *conexo por caminhos*, qualquer curva fechada simples (Ver **Teorema das Curvas de Jordan**) pode ser reduzida a um ponto sem passar fora da região delimitada pela borda do disco. No segundo disco isto não é sempre possível como no caso de uma curva envolvendo um dos furos em que ela não se reduz além da borda deste furo. Para se reduzir a um ponto, a curva deve passar pelo furo e, portanto, fora da região limitada pelas bordas dos furos.

fg222_09 –
Conectividade por
Caminhos

fg222_10 – Superfície

No segundo agrupamento, das relações intrínsecas à Superfície decorrem o próprio conceito de **Superfície**, as noções de **Propriedade Local/Global**, e **Topologia** e **Geometria Intrínsecas**. E das relações da Superfície com seu Ambiente decorrem as noções de **Topologia** e **Geometria Extrínsecas**, de **Hipersuperfície** e os conceitos de **Mergulho** e **Nó**. Além de outros dois, correlatos entre si: **Quarta Dimensão** e **Hipercubo**.

A **Superfície** é uma entidade geométrica bidimensional que não existe no mundo real (como qualquer outro objeto matemático!). Uma caracterização básica sua é possuir largura e comprimento sem apresentar espessura ou altura; ou de outro modo, qualquer “habitante” fictício de uma superfície, como um ponto, move-se apenas com dois graus de liberdade, “para frente-para trás” e “direita-esquerda”, sendo impossibilitado de mover-se “para cima-para baixo”. Sua existência se condiciona à imaginação geométrica platônica e sua representação física se ampara em objetos que possuem duas dimensões com grandeza proporcionalmente muito maior que a terceira, como uma folha de papel, e que no limite, são ditos bidimensionais. Embora já apareça nos elementos de Euclides, uma definição matemática moderna de superfície seria a de uma **Variedade** de dimensão 2. Da mesma forma, o espaço de um sólido é uma variedade tridimensional de pontos. Assim, superfícies são matéria-prima dos estudos da Topologia em dimensão 2, a partir dela são realizadas operações e de suas variantes topológicas são extraídas classificações.

Uma **Propriedade Local** é aquela observável em uma pequena região da variedade e, opostamente, uma **Propriedade Global** requer a consideração da variedade como um todo. Os termos local e global são usados em expressões como "geometria local" e "topologia global". Por exemplo, um toro plano - ou o diagrama plano (Ver item 2.2.2.2) de um toro - e um toro têm a mesma topologia global, mas diferentes geometrias locais. No entanto, um toro plano e um plano têm a mesma geometria local, mas diferentes topologias globais.

A **Topologia Intrínseca** de uma superfície diz respeito à Conectividade de seus pontos, sendo que duas superfícies possuem a mesma topologia intrínseca se, considerados fictícios habitantes bidimensionais destas superfícies, estes não distinguem uma da outra; e a **Geometria Intrínseca** de uma variedade diz respeito às suas propriedades métricas internas. Por sua vez, a **Topologia Extrínseca** de uma superfície denota o modo como a superfície está imersa no ambiente, sendo que duas superfícies possuem a mesma topologia extrínseca se uma pode ser deformada na outra dentro do espaço ambiente (Ver **Superfícies Homeomorfas**). E a **Geometria Extrínseca** considera as propriedades métricas da variedade em relação ao ambiente onde está inserida - como exemplo, tomadas sobre uma mesa uma folha de papel plana e outra curvada formando um semi-cilindro, tem-se a mesma geometria intrínseca (e.g. a dimensão da folha), mas distintas geometrias extrínsecas (e.g. a forma).

fg222_11– Topologia intrínseca/extrínseca

fg222_12– Geometria intrínseca/extrínseca

O conceito de **Hipersuperfície**, diferentemente do de Superfície não se centra nas características do objeto em si mesmo, denota uma relação entre o objeto e seu ambiente: condição em que a dimensão (não como métrica, mas geométrica) do objeto em relação à dimensão de seu ambiente difere em uma unidade. Assim, todo objeto de dimensão n num espaço de dimensão $n+1$, é uma hipersuperfície, não importando se este objeto está ou não mergulhado neste ambiente (Ver **Mergulho**). Deste modo, toda e qualquer superfície, uma entidade bidimensional, num ambiente tridimensional é uma hipersuperfície. O prefixo hiper associado à superfície denota que o objeto em

questão é aquele de maior dimensão geométrica a possuir algum grau de liberdade dentro do ambiente. Por analogia, tem-se que uma linha num plano é uma hipersuperfície. Outra característica de uma hipersuperfície algébrica (isto é, que pode ser descrita por equações algébricas) é o fato de ser o objeto de descrição algébrica mais simples para um dado ambiente. De fato, assim como uma reta no plano, uma superfície algébrica no espaço tridimensional pode ser representada por uma única equação, o que não acontece com uma reta no espaço tridimensional que deve ser descrita por duas equações que são respectivas aos dois planos que se encontram gerando como interseção a referida reta.

Mergulho é a terminologia apropriada para denotar que um objeto “vive” em um dado espaço n -dimensional, condição na qual não apresenta nenhuma auto-interseção, singularidade (autointerseção específica, como uma cúspide), pontos duplo ou triplo (respectivamente o encontro de dois e três planos), características comuns em uma projeção. Essa condição se traduz em um teorema profundo de H. Whitney (1945) conhecido como o Teorema do Mergulho, para o qual toda e qualquer superfície (portanto dimensão 2) mergulha ou apresenta-se de modo integral num espaço de dimensão 4. Como uma entidade bidimensional, uma superfície necessita para sua concepção apenas de um plano; porém dependendo de como este plano está curvado, torcido, esticado, passa a necessitar de um ambiente de maior grandeza dimensional para sua apresentação integral, sem auto-interseções ou singularidades¹⁹. Esta apresentação integral é chamada de Mergulho. Em outras palavras, localmente uma superfície mergulhada é homeomorfa a um disco (Ver **Homeomorfismo**).

¹⁹ Sobre este assunto ver o texto *Superfícies Singulares*, de Ton Marar, que se encontra no endereço URL: <http://www.icmc.sc.usp.br/%7Ewalmamar/topo.html>.

fg222_13 –
Hipersuperfície
figura do autor

fg222_14 – Mergulho

fg222_15 – Nó 10_{70}
"as rope"

fg222_16 – Nó 10_{70}
"as rope"

fg222_17 – Nó
Trefoil, diagrama

fg222_18 – Nó
Trefoil, prototipagem
rápida

O estudo dos **Nós**, definidos como toda curva fechada (**Ver Teorema das Curvas de Jordan**) que, em um plano, não pode ser deformada em uma curva fechada simples, isto é, sem auto-interseções, realizado em Matemática pela Teoria dos Nós, revela, por meio da compreensão de seu comportamento, características de superfícies no espaço tridimensional, o que por extensão, permite sua compreensão no espaço 4D. A condição de toda superfície mergulhar em um espaço quadridimensional faz com que neste ambiente todas as auto-interseções e singularidades desapareçam; deste fato, todo nó em um espaço 4D pode ser transformado em uma curva fechada simples.

Como exemplo de um nó tem-se o nó Trefoil, a mais simples das curvas enodadas, cuja projeção genérica no plano é formada por três folhas. Seu modelo pode ser construído tomando-se um fio e formando inicialmente um laço; em seguida tomam-se as duas pontas do fio unindo-as após transpasse pela região do laço. O nó Trefoil é homeomorfo a uma curva fechada simples, pois é possível passar de um ao outro, no espaço euclidiano tridimensional, por uma operação de corte e colagem. Por outro lado não são considerados isótopos, pois a condição de isotopia não aceita a referida operação que simula a resolução de auto-interseções na quarta dimensão e, por isso, não se caracteriza como operação num "mesmo ambiente" (Ver **Superfícies Homeomorfas** e **Superfícies Isótopas**). O nó Trefoil pode ser obtido como bordo resultante de uma Fita de Möbius com três semi-torções (Ver **Fita de Möbius**).

A **Quarta Dimensão**, em Geometria, é um Ambiente ou Espaço que pode ser representado pela adição aos eixos cartesianos x, y, z de outro eixo, por exemplo, w com ângulo de 90° em relação aos outros três eixos; sendo, portanto, espacial e não temporal como na Física. A Quarta Dimensão (ou dimensões superiores) é utilizada em Topologia para a resolução de auto-interseções e singularidades de superfícies. Requer, para sua visualização intuitiva, a analogia do cubo representado em uma folha de papel: como o cubo possui uma dimensão além do ambiente representacional da folha de papel, é possível, por exemplo, a representação de um objeto da Quarta Dimensão no ambiente tridimensional cotidiano ou mesmo no plano (2-D). Metonimicamente a representação da Quarta Dimensão é realizada por meio da representação do **Hipercubo**, cubo que mergulha num espaço de dimensão 4.

Assim como um segmento de reta é um pedaço de uma reta, um quadrado é um pedaço de plano e um cubo um pedaço do espaço tridimensional, o Hipercubo é um pedaço do espaço 4D. Constrói-se o hipercubo tomando o cubo 3D e adicionando a cada um dos vértices uma outra aresta a 90° em relação a cada uma das arestas de cada vértice, unindo-as posteriormente com quadrados. O hipercubo construído, formado por oito cubos, será uma entidade representada “em perspectiva” em um ambiente de dimensão 3 - como na folha de papel, a “outra” dimensão possui defasagem na representação. Analogamente, o Hipercubo pode ser representado num ambiente de dimensão 2 como a folha de papel, demandando apenas uma maior capacidade de visão espacial, já que duas dimensões separam o objeto representado de seu ambiente de mergulho.

fg222_19 – Quarta Dimensão

fg222_20 – Hipercubo

No terceiro agrupamento, relativo às **Operações** com Superfícies têm-se o conceito da operação de **Classe de Homeomorfismo ou topologia de uma superfície** e os conceitos decorrentes de **Superfícies Isotópicas** e **Superfícies Homeomorfas**; e das **Deformações que alteram a topologia**, como por exemplo, **Identificação** e **Soma Conexa** de superfícies. E, ainda, as sequências transformacionais **Reidemeister Moves** e **Roseman, Homma-Nagase Moves**.

Apesar de serem entidades imateriais, utilizam-se termos como operação ou manipulação, para denotar ações de transformação das superfícies que podem ser de três tipos: homeomorfismo, identificação e soma conexa. As superfícies em Topologia são decorrência de uma ou mais operações, homeomorfismos, ou somas conexas, a partir de algumas superfícies básicas como a esfera, o toro e o plano projetivo, estas, por sua vez, resultantes da identificação estratégica das arestas de um disco (Ver **Disco, Esfera, Toro, Plano Projetivo**).

Uma propriedade topológica, chamada de **Classe de Homeomorfismo ou topologia de uma superfície**, é aquela que é preservada por **Homeomorfismos**, isto é, por transformações contínuas que podem ser continuamente desfeitas. Por homeomorfismo, uma superfície plana ao ser deformada preserva todas as suas características topológicas, alterando apenas suas características topográficas (isto é, geométricas) [CARTER, 1995]. É o conjunto de aspectos topológicos da superfície que, segundo o topólogo João Sampaio [SAMPAIO, 2000: p.02-04], não se alteram quando é aplicada a ela qualquer uma das quatro operações citadas a seguir: A. Esticar ou inflar a superfície ou parte dela. B. Encolher a superfície ou partes dela. C. Entortar a superfície ou partes dela. D. Cortar a superfície gerando bordas que serão coladas novamente, resgatando a superfície original.

fg222_21 –
Homeomorfismo

fg222_22 –
Diagramas de
Nós-
Homeomorfismos

A partir do conceito de Homeomorfismo, duas superfícies são ditas **Superfícies Isotópicas** quando uma é obtida de outra por meio de uma combinação qualquer das três primeiras transformações listadas acima. A última operação, de corte e colagem, não é considerada neste caso, pois a relação de similaridade que promove entre as superfícies inicial e final só pode ser verificada dependendo da dimensão do espaço ambiente onde estão inseridas [SAMPAIO, 2000: p.02-04]. Como exemplo tem-se o toro e um toro enodado que são homeomorfos e, embora não sejam isotópos no espaço 3D, o são em 4D (Ver **Toro**). E, duas superfícies são ditas **Superfícies Homeomorfas**, se uma é obtida de outra por uma combinação qualquer das transformações listadas acima. O que, por consequência, define que superfícies isotópicas são homeomorfas.

fg222_23, fg222_24 –
plano/superfície,
homeomorfismo –
prototipagem rápida.
David Sperling

Em contrapartida, João Sampaio [SAMPAIO, 2000: p.03-04] aponta algumas **Deformações que alteram a topologia** de uma superfície, isto é, que resultam em superfícies não homeomorfas à superfície original. São elas: A. Cortar a superfície, gerando bordas e não tornar a colá-las uma na outra. B. Realizar colagens arbitrárias de modo que dois ou mais pontos, originalmente separados, tornem-se um só ponto da superfície. C. Encolher a superfície, ou algumas de suas regiões, fazendo com que pontos originalmente separados se aglutinem num só ponto. Fazem uso de algumas destas ações as operações de Soma Conexa e Identificação.

fg222_25 –
Deformações que
alteram topologia

A **Soma Conexa** de superfícies pode ser considerada uma operação descontínua, em oposição à continuidade promovida pelo homeomorfismo. É realizada pela junção de uma ou mais superfícies separadas e sem pontos em comum do seguinte modo: corte e remoção de região circular de cada uma delas, seguidos de aproximação e colagem dos bordos resultantes. A **Identificação** é a ação de “colagem” estratégica de

fg222_26 – Soma
Conexa

fg222_27 –
Identificação

pares de arestas de regiões poligonais planas, com o objetivo de “construir” superfícies específicas. A colagem, em Topologia, é ação que desfaz as linhas das arestas, tornando o objeto contínuo. Intuitivamente, poder-se-ia unir em uma superfície retangular plana a “parte de cima” com a “debaixo” e o “lado direito” com o “esquerdo” gerando uma superfície sem bordo (Ver **Toro**). A identificação orientada ou inversamente orientada é a ação responsável, respectivamente, pelas superfícies orientadas e não-orientadas (Ver **Faixa de Möbius**). Um exemplo comum de identificação é a colagem dos lados de um cubo planificado para a sua construção tridimensional.

Estão ainda relacionados à noção de transformação contínua intrínseca ao conceito de homeomorfismo as sequências de movimentos transformacionais chamados “moves”, dois dos quais serão mencionados brevemente, pois que demandam maiores aprofundamentos que não estão no escopo deste trabalho. O Teorema de Reidemeister, relativo aos **Reidemeister Moves**, afirma que dois diagramas de nós que representam o mesmo nó podem ser transformados um no outro por uma sequência de movimentos que podem ser de cinco tipos. Dentre eles o nascimento e morte de uma curva simples fechada não enodada, onde nascimento corresponde a um máximo local do comprimento da superfície e morte corresponde a um mínimo local; e operação de fusão de dois componentes em um ou fissura de um componente em dois. A sequência de nós, configurando camadas de curvas, representa a topologia da superfície a que dizem respeito. E similarmente aos movimentos dos Reidemeister Moves para diagramas de nós, os **Roseman, Homma-Nagase Moves** mostram as ações necessárias para mover superfícies mergulhadas num espaço quadridimensional. Se duas superfícies podem ser deformadas no espaço quadridimensional em uma outra e elas recebem diagramas tridimensionais diferentes, então seus diagramas (Ver item 2.2.2.2) podem ser transformados em outro por uma sequência de movimentos. Cada uma das “cenas” dos movimentos corresponde a um corte da superfície por hiperplanos que são paralelos ao horizonte.

Ao quarto agrupamento correspondem os conceitos relativos à **Classificação de superfícies** quanto a propriedades intrínsecas e extrínsecas, quais são: **Superfície Com Bordo/Sem Bordo**, **Superfície Fechada** (e seu teorema de fundamentação, o **Teorema das Curvas de Jordan**), **Superfície Orientável/Não-Orientável** e **Superfícies Básicas**. A partir destas classificações são apresentadas as principais superfícies topológicas conhecidas: **Disco**, **Esfera**, **Toro**, **Faixa de Möbius**, **Garrafa de Klein**, **Plano Projetivo**, **Superfície de Boy**, **Superfície Romana**, **Cross Cap**, **Guarda-chuva de Whitney**.

Grande parte do estudo em Topologia em dimensão 2 é destinado à classificação de superfícies segundo critérios que não dizem respeito à grandeza, mas a ocorrências internas a si, como furos, bordos e orientação. São também identificadas superfícies básicas que, por homeomorfismo e ou soma conexa, dão origem a todas as outras superfícies.

fg222_28 -
Reidemeister Moves

fg222_29 -
Roseman, Homma-
Nagase Moves

fg222_30 -
"Movie" do toro

fg222_31 -
"Movie" da Garrafa
de Klein

Uma superfície pode ser classificada como **Superfície Com Bordo/Sem Bordo** a partir da existência ou não de bordo (linha de demarcação do limite da entidade e que possui vizinhança não inteiramente contida nesta entidade). As superfícies sem bordo caracterizam-se por possuírem apenas pontos interiores com vizinhanças inteiramente contidas na superfície. As superfícies com bordo possuem pontos interiores e pontos de bordo ou de fronteira, com vizinhanças não inteiramente contidas na superfície.

A classificação como **Superfície Fechada** denota uma superfície sem bordo e compacta, isto é, que pode ser subdividida em um número finito de pedaços triangulares ou, de outro modo, que tem cobertura S por abertos, ie $S = \bigcup_{i=1}^n A_i$, possui subcobertura finita, ie $S = \bigcup_{i=1}^n A_i$. O que determina que a distância geodésica - linha de menor distância entre dois pontos traçada sobre uma superfície - entre quaisquer dois de seus pontos nunca será maior que uma certa distância máxima. São exemplos de superfícies fechadas a esfera, o toro, a garrafa de Klein, o plano Projetivo (Ver **Esfera, Toro, Garrafa de Klein e Plano Projetivo**). Um retângulo, por outro lado, é compacto, mas tem bordo, não satisfazendo uma das condições para ser uma superfície fechada. E o Plano Euclidiano não possui bordo, porém, não é compacto e, conseqüentemente, não-fechado, pois não possui uma cobertura finita, ou seja, tomando-se a distância geodésica entre quaisquer dois de seus pontos, sempre haverá outros dois pontos situados nele separados por uma distância geodésica maior que aquela fixada.

²⁰ Marie Ennemond Camille Jordan (La Croix-Rousse, Lyon, França, 1838 - Paris, França, 1922), professor da *Ecole Polytechnique* de Paris, foi um matemático que contribuiu com as diversas áreas da matemática em que estudou como, por exemplo, grupos finitos, álgebra linear e multilinear, teoria dos números, topologia de poliedros e equações diferenciais. A Topologia (naquela época chamada *analysis situs*) passa a ter destaque em seu trabalho logo em seus primeiros estudos motivados pela pesquisa sobre as estruturas de cristais. Seu trabalho ganha renome internacional a partir da visita que recebe de Félix Klein (1870) a fim de realizarem estudos conjuntos, sendo que seu interesse em grupos de transformações euclidianas no espaço tridimensional influenciou as teorias de Klein sobre grupos contínuos e descontínuos. O Teorema das Curvas de Jordan surge pela primeira vez entre 1909 e 1915, na terceira edição do seu *Cours d'analyse de l'Ecole Polytechnique*, publicado em três volumes, sendo a primeira edição de 1882-87. Para maiores detalhes ver URL: <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/Jordan.html>

Uma superfície fechada mergulhada – como uma esfera, por exemplo - separa o espaço tridimensional em duas regiões. Este teorema que se aplica ao espaço tridimensional decorre do **Teorema das Curvas de Jordan**²⁰, segundo o qual uma curva fechada simples, isto é, sem auto-interseção, situada em um plano separa este plano em duas partes: uma interior e uma exterior, sendo que o interior é, topologicamente, sempre um disco.

As **Superfícies Básicas**, por sua vez, são as superfícies fechadas não decomponíveis em outras superfícies fechadas. São elas: a esfera, o toro, a garrafa de Klein e o plano projetivo (Ver **Esfera, Toro, Garrafa de Klein e Plano Projetivo**). Da esfera, do toro e do plano projetivo, a partir de um número finito de somas conexas, originam-se todas as outras superfícies fechadas, as quais podem ser classificadas em dois grupos: A. Toda superfície orientável é uma esfera ou um toro, ou uma soma conexa de dois ou mais toros; B. Toda superfície não-orientável é um plano projetivo, ou uma soma conexa de dois ou mais planos projetivos.

A classificação de uma superfície como **Superfície Orientável/ Não-Orientável** toma por base a existência ou não de orientação quanto a lados interno e externo de uma superfície. Uma superfície é dita orientável quando é possível distinguir dois lados, como em um plano, uma esfera ou em um toro. Uma superfície é dita não-orientável quando possui um caminho fechado que inverte orientação, isto é, um objeto ao percorrer este caminho, tem como ponto final o início, em relação ao qual está posicionado de forma invertida. A faixa de Möbius é o exemplo primordial de superfície não-orientável e, destas, é a primária; sendo assim, é não-orientável toda superfície que contém dentro de si uma faixa de Möbius (Ver **Faixa de Möbius**).

A partir dos critérios que se seguiram são então classificadas as superfícies. Segundo Euclides, o **Disco** é a mais elementar das figuras; superfície orientável, limitada por um círculo (bordo), conformando uma região circular - o que é apenas uma característica de elementaridade, podendo adotar qualquer outra forma que resguarde sua topologia. O disco é a única superfície com a propriedade de ao ser dividida por um arco entre dois pontos de sua borda resultar em duas partes congruentes à superfície inicial, o que significa que a soma mantém as características topológicas do disco.

A **Esfera** é superfície orientável fechada resultante da identificação de todos os pontos do bordo de uma região poligonal plana em um ponto fora desta região. Em um diagrama plano a esfera é representada como um círculo com setas de mesma orientação (Ver **Diagrama Plano**, no item 2.2.2.2).

O **Toro**, também chamado de *donnut*, é também uma superfície orientável fechada; resultante da identificação orientada das arestas opostas de um retângulo. Em um diagrama plano o toro é representado por um retângulo com duas arestas opostas com setas simples de mesma orientação e outras duas arestas opostas com setas duplas de mesma orientação. Representação que requer a recomposição mental do percurso de um diagrama seqüencial, no qual parte-se de um retângulo, identifica-se duas de suas arestas opostas gerando um cilindro, seguido da identificação dos seus bordos, gerando o toro. O toro, a partir de soma conexa a outro

fg222_32– Superfície orientável/não-orientável

fg222_33 – Disco

fg222_34 – Esfera

fg222_35 – Toro
Genus 1, 2, 3

fg222_36 – Faixa de
Möbius - diagrama

fg222_37 – Faixa de
Möbius - prototipagem
rápida

fg222_38 – Faixa de
Möbius - prototipagem
rápida

²¹ August Ferdinand Möbius (Schulpforta, Saxônia, atualmente Alemanha, 1790 - Leipzig, Alemanha, 1868) foi professor de astronomia na Universidade de Leipzig. Seu nome está associado, além da Fita, a várias outras realizações. Introduziu uma configuração atualmente chamada "möbius net" que teve grande destaque no desenvolvimento da geometria projetiva, apresentou a função Möbius, introduzida em seu artigo *Über eine besondere Art von Umkehrung der Reihen* (1831) e a fórmula de inversão de Möbius, como também antecipou problemas de vizinhança na coloração de mapas com a utilização de quatro cores (1840). Para detalhes ver URL: <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/Mobius.html>

toro, pode gerar o toro de *genus* 2 ou bi-toro, e este, somado a outro toro, pode gerar o toro de *genus* 3 ou tri-toro. Já a soma conexa de um toro a uma esfera produz, posteriormente por homeomorfismo, o mesmo toro.

A **Faixa de Möbius** é a mais elementar superfície não-orientável; tem a particularidade de possuir apenas um único e contínuo bordo. Um modelo desta superfície pode ser obtido identificando-se os lados opostos de um retângulo de papel após um giro de 180 graus, isto é, uma semi-torção, que pode ser para a direita ou para a esquerda. Criada em 1858 por Listing (o mesmo que inventou a palavra Topologia), embora tenha sido atribuída a Möbius²¹ (que apresentou sua versão da superfície 20 anos depois), é o primeiro exemplo de superfície não-orientável e critério de classificação das superfícies orientáveis e não-orientáveis: uma superfície é não-orientável

se, e somente se, possui uma faixa de Möbius. Em um diagrama plano, a Faixa de Möbius é representada por um retângulo com duas de suas arestas identificadas cada uma com uma seta, uma invertida em relação à outra. A faixa de Möbius é para as superfícies não-orientáveis o correspondente ao cilindro para as orientáveis, sendo que diferem em outra particularidade: o cilindro possui bordo desconexo, já a faixa, como já dito, possui uma única componente de bordo.

Duas curiosidades a respeito da Faixa dizem respeito a cortes que podem ser realizados em seu modelo de papel. A primeira delas é que, tomado o ponto médio de sua largura e traçado um corte em toda a extensão do comprimento da faixa, ela cederá lugar a uma faixa orientável, duas vezes maior, com quatro semitorções. A segunda é que, tomado $1/3$ da largura e traçado um corte em toda a extensão até encontrar seu início – serão duas voltas –, a fita cederá lugar a uma faixa orientável, duas vezes maior, com quatro semitorções, enodada, como elo de corrente, com uma Faixa de Möbius de mesmo tamanho que a original, apenas $2/3$ mais estreita.

fg222_39 – Garrafa de Klein - diagrama

fg222_40 – Garrafa de Klein

fg222_41 – Garrafa de Klein (outra parametrização)

Criada pelo matemático Felix Klein, em 1884, a **Garrafa de Klein** é também uma superfície não-orientável, porém fechada, resultante da identificação dos bordos de duas Faixas de Möbius, uma com uma semi-torção à direita e outra com uma semi-torção à esquerda.

²² conforme Marar, Washington L. **Comunicação particular**, 2002.

²³ Werner Boy encontrou um modelo do plano projetivo sem singularidades exatamente quando procurava, a pedido de seu orientador, David Hilbert, provar a sua inexistência. David Hilbert, (Königsberg, Prussia, atual Kaliningrado, Russia, 1862 - Göttingen, Germany, 1943), foi professor na Universidade de Berlim, e é um dos nomes de maior destaque no campo da topologia.

fg222_42– Plano
Projetivo - diagrama

fg222_43– Superfície de
Boy

fg222_44– Superfície
Romana

fg222_45– Cross Cap

O **Plano Projetivo** é outra superfície não-orientável fechada; resultante da identificação de um disco no bordo de uma Faixa de Möbius. Pode ser concebida também por meio de uma esfera, na qual seus pontos antipodais são identificados – o plano projetivo está para as superfícies não-orientáveis, como a esfera está para as orientáveis. Possui três representações no espaço 3D, cada qual com distintas particularidades. Uma delas, a **Superfície de Boy** é a representação do Plano Projetivo (certamente projeção de um espaço de dimensão maior que 4 no espaço 3D²²), proposta pelo matemático Werner Boy²³, em 1903, em que revela ser possível a supressão de duas singularidades pela adição de um ponto triplo. Outra, a **Superfície Romana**: é a projeção do plano projetivo no espaço 3D proposta pelo matemático Jacob Steiner em 1844, que possui seis singularidades e um ponto triplo. E ainda, o **Cross Cap**, representação do Plano Projetivo no espaço 3D, com exatamente 2 pontos singulares.

Por fim, tem-se o **Guarda-chuva de Whitney** como a singularidade primordial de superfícies no espaço 3D, que tem esse nome em homenagem a Hassler Whitney²⁴. Um modelo pode ser construído com uma folha de papel: faz-se um corte em sua metade até atingir verticalmente o meio da folha; realiza-se duas dobras horizontais a partir do final do corte, girando cada uma das abas em uma direção; ao final cola-se as abas ao longo de uma linha vertical imaginária que representa a auto-interseção.

²⁴Hassler Whitney (Nova York, EUA, 1907 - Mount Dents Blanches, Suíça, 1989) foi professor na *University of Harvard* (a partir de 1946) e no *Institute for Advanced Study at Princeton* (a partir de 1952). Grande parte de seu trabalho se desenvolveu em topologia, particularmente em teoria de singularidades, tendo trabalhado também com teoria dos grafos, variedades algébricas e teoria de integração.

fg222_46– Guarda-chuva de Whitney

fg222_47– Operações e relações de equivalência entre as superfícies

2.2.2.2 o diagrama e o processo, o diagrama como processo

Em Topologia Geométrica são identificados, pelo menos, três modos de representação de superfícies: o diagrama plano, o diagrama de processo e a *palavra*, comentados a seguir. Sendo que os três, de algum modo, se interrelacionam – além, é claro, da reciprocidade entre meios geométricos e algébricos de representação inerente à matemática, a saber, entre o desenho e a equação que descreve uma variedade.

Tanto diagrama plano quanto diagrama de processo, quanto *palavra*, são ferramentas operativas e representacionais – os quais serão, por enquanto, chamados genericamente de diagramas. Como ferramentas operativas, são neles aplicadas as operações topológicas para a construção da superfície. E como ferramentas representacionais são signo da superfície e de seu processo de formação. O que conflui para o pensamento de J. Jay Zeman, destacado filósofo e pesquisador em semiótica norte-americano para quem o diagrama, “como um ícone, representa por semelhança: ele provê um mapeamento do processo que investiga” [ZEMAN, 2002B: p. 07]²⁵. Afirmação em que se encontra a simultaneidade temporal de ações do diagrama: provê – representa - um mapeamento do processo ao mesmo tempo em que o investiga.

²⁵ “As an icon, it will represent by resemblance: it provides a mapping to the process it studies.” [ZEMAN, 2002B: p. 07]

Nesta afirmação de Zeman também temos a confluência das várias qualidades do diagrama expostas até aqui: o caráter icônico e analógico do qual se remete Peirce, o caráter analógico-sintético e espacial-relacional reforçado por Russell, o caráter de visibilidade direta do objeto em manipulação, por Newton da Costa, a percepção global de aspectos topológicos, por Boaventura, e de revelação de uma estrutura de relações, por March. A grande novidade a ser destacada em Zeman, já prenunciada em Newton da Costa, é o caráter de investigação processual do diagrama, focado pelo autor como um metaprocesso: ferramenta processual que reflete sobre si mesma, investiga e mapeia o próprio processo.

fg222_48 –
Homeomorfismo de
um toro em uma
caneca

Os três níveis de relações desenvolvidos pelos diagramas de modo geral, *trans*-diagramas (entre diagramas internos e externos), *intra*-diagramas (inerentes aos elementos formadores) e *inter*-diagramas (encadeamento lógico e relações de similaridade e contiguidade) sobrepõem-se a seu caráter triádico primordialmente icônico (analogias com o objeto) associado a seus aspectos indicial (marcas indicadoras do objeto) e simbólico (regras de construção), sendo a topologia da superfície o objeto de operação e representação do diagrama topológico. Ao investigarem e representarem as superfícies e as operações topológicas, os diagramas, por analogia espacial, colocam-se como o próprio meio para a ocorrência das operações: neles e por meio deles são realizados homeomorfismos e somas conexas ou identificação entre partes da superfície.

fg222_49 –
Transformação de
uma Fita de
Möbius em uma
Garrafa de Klein

fg222_50 –
Seqüência da
Garrafa de Klein e
partição em 2
Faixas de Möbius

Para melhor delineamento das operações topológicas, realiza-se aqui certa classificação com base nas suas características de ação. A operação de homeomorfismo, relatada no item anterior, pressupõe sempre a manutenção da continuidade espacial da superfície inicial mesmo sob a alteração da forma e se caracteriza por ser uma operação contínua e intrínseca à superfície, isto é, sem interferência em sua topologia por elementos

fg222_51 – Diagrama processual

externos. A operação de soma conexa, também já descrita, pode ou não alterar a topologia da superfície, mas sempre altera a proximidade entre os pontos vizinhos à operação. Caracteriza-se por ser uma operação descontínua e extrínseca, isto é, com interferência externa à superfície - como corte e colagem, por exemplo.

Em uma ou outra operação, nos diagramas planos, nos diagramas de processo ou nas palavras representacionais, explícita ou implicitamente, são registradas a superfície inicial, a superfície final e as operações realizadas, como será visto a seguir. E a relação de equivalência entre diferentes seqüências de operações permite a obtenção de uma superfície por distintas vias - evidenciadas por seqüências de diagramas também distintas. Como exemplo, uma Garrafa de Klein pode resultar tanto da identificação de duas Fitas de Möbius, quanto da identificação com orientação apropriada das bases de um cilindro.

Em Topologia, todas as superfícies, orientáveis ou não-orientáveis, fechadas ou não, direta ou indiretamente provêm do disco – a superfície mais elementar - e a ele podem ser recompostas. Equivalentemente, introduzindo em um disco seqüências estratégicas de operações obtêm-se todas as demais superfícies.

O diagrama processual se notabiliza por representar “quadro a quadro” a modelagem de uma superfície, seja por identificação e homeomorfismo a partir de uma região poligonal plana, seja por soma conexa e homeomorfismo de superfícies básicas fechadas. O diagrama processual não centra a representação isoladamente na superfície inicial ou na final, mas no processo da qual são partes integrantes como origem e como estágio final em que determinadas relações almejadas foram estruturadas. Assim como possui um caráter propositivo que avança da superfície inicial até a configuração final,

possui um caráter prospectivo que reconstrói os possíveis caminhos e operações realizadas para a modelagem da superfície. Colocam-se possíveis caminhos, pois, como já explicitado, de modo geral uma superfície pode ser resultante de seqüências distintas de operações: quando por homeomorfismo, por “movimentos elásticos” diversos a partir de uma mesma superfície e, quando por soma conexa, composta por diferentes superfícies básicas. Dessa maneira, a superfície torna-se vinculada ao diagrama como o produto está ao processo.

O diagrama plano de uma superfície fechada tem a especificidade de centrar sua representação na superfície inicial, um disco – região poligonal plana – que por meio de analogia espacial é representada por uma curva fechada que delimita uma porção de área onde está sendo desenhado. A cada lado da região desenhada são acrescidos sinais convencionais (-, =, >, <, a, b, c etc) em pares que indicam os lados da superfície a serem identificados, além da designação de sua direção (+ ou -), do que depende a orientação ou não-orientação de uma superfície. As operações subseqüentes de identificação e homeomorfismo que se realizam a partir da colocação estratégica dos pares de sinais, e o desenho da superfície final são, então, construídos mentalmente pelo leitor. O alto grau de síntese do diagrama plano, possibilitado pelo maior uso de

fg222_52 – diagrama plano do toro (toro plano) e toro

fg222_53, fg222_54, fg222_55 - V&A Museum, Londres. 1999. Daniel Libeskind. diagrama plano; diagrama processual; maquete

convenções, demanda do leitor não só um maior conhecimento da Topologia e suas propriedades, mas igualmente uma visão espacial desenvolvida. Após isto, percebe-se que não há representação geométrica mais sintética tanto da superfície, quanto das ações que determinam sua constituição. O diagrama plano pode ser entendido como um diagrama processual sintético a ser inferido e finalizado mentalmente.

Do diagrama plano decorre a chamada *palavra representação de uma superfície fechada*. A palavra não faz uso de nenhuma representação geométrica, apenas de sinais algébricos específicos, isto é, letras que são encadeadas estrategicamente. A construção da palavra segue um sentido, horário ou anti-horário, de percurso das arestas da região poligonal, realizando uma volta completa. Cada letra corresponde a uma aresta e seu sinal, positivo ou negativo, ao sentido de percurso do movimento em relação à orientação da aresta identificada no diagrama plano, por exemplo, por setas $>$ ou $<$. Como exemplo, uma aresta "b", percorrida no sentido da seta, é nomeada "b", e em sentido contrário " b^{-1} ". Assim o toro, superfície orientável, é designado pela palavra $ab-a-b$, e a garrafa de Klein, o corresponde ao toro para as superfícies não-orientáveis, por $ab-ab$. A esfera, superfície orientável, é representada por aa^{-1} ou 1 denotando a identidade fundamental, e o plano projetivo, seu correspondente para as superfícies não-orientáveis, por aa , ou melhor, $2a$.

fg222_56 –
Conformação final,
diagrama plano e
palavra das superfícies
fechadas

Realizando a síntese do diagrama plano, constitui-se entre todas as representações geométricas ou algébricas da superfície e de seu processo de construção como a mais sintética. Sem o apoio visual do diagrama plano, sua escrita e leitura exigem um alto

grau de familiaridade com o procedimento, decorrentes da pouca clareza visual inicial e do grande uso de simbologias. Necessita, ainda mais que o diagrama plano, ser inferida e finalizada mentalmente: o número de letras correspondendo ao número de arestas, o número de pares ao número de identificações, os sinais dos pares de letras no sentido de encaminhamento ao modo de orientação da superfície. O número de letras de uma palavra corresponde ao número de arestas da região poligonal plana a ser representada.

Os três meios de operação/representação de superfícies, diagramas de processo, diagrama plano e palavra são denominados diagramas, pois, como já visto, guardam as relações entre as partes do objeto por meio da representação de relações análogas a elas. Por outro lado, podemos distingui-los segundo o modo como representam as partes em si – e não as relações entre as partes – da superfície. Pode-se afirmar, com base nas evidências mostradas até aqui, ser o grau de similaridade visual do diagrama processual com o processo que investiga o maior existente, seguido do diagrama plano que representa em parte o processo deixando índices de sua continuidade para fins de complementação mental, e por fim, a palavra, que exige alfabetização e se coloca em matriz distinta da superfície: simbologia algébrica representando regiões geométricas.

No diagrama processual, as três instâncias de relações, *trans*, *intra* e *inter*-diagramas, comparecem construindo integralmente o “*mapeamento do processo*” de que fala Zeman. Cada quadro estabelece a relação entre o diagrama interno do pensamento e o diagrama externo (*trans*-diagrama), entre objeto, inferência e representação, por meio de similaridades estruturais. Constrói as relações internas a si, inerentes aos seus elementos constituidores (*intra*-diagrama) que promovem a visibilidade direta das relações em operação, análogas às relações presentes no objeto. E participa, finalmente, de um movimento “quadro-a-quadro” de encadeamento lógico que representa a seqüência do processo (*inter*-diagrama).

Ou, de outro modo, associando as referências de Russell, Peirce, Newton da Costa, Zeman, Boaventura e March às três instâncias presentes no diagrama processual topológico (*trans*, *intra*, *inter*), estas passam a designar as três variáveis fenomenológicas com que lida este diagrama. A primeira, *trans*-diagrama, remete-se ao próprio **pensamento**, às diversas possibilidades de constituição do ser ainda como vir-a-ser, suas representações mentais e físicas (Peirce, Boaventura, Newton da Costa, March). A segunda, *intra*-diagrama, remete-se ao **espaço**, aos elementos espaciais contituíntes do diagrama e às relações existentes entre si (Russell, Boaventura, March). A terceira, *inter*-diagrama, remete-se ao **tempo**, inerente ao processo de construção da superfície a que diz respeito (Newton da Costa, Zeman).

O diagrama processual topológico pode ser considerado como um meio de investigação e percepção, criação e representação de relações topológicas (**espaço**), sob transformação processual da forma (**tempo**), que se realiza simultaneamente, num fluxo de duas vias, ao processo de concepção mental (**pensamento**). Pensamento e relações espaciais guiadas no tempo por relações de similaridade - proximidades estruturais entre elementos – e não por relações de contiguidade - aproximações convencionais entre elementos.

Processo e diagrama sobrepõem-se. Como ocorre com o processo e seu resultado. Agregando a si pensamento, espaço e tempo, o diagrama torna-se o próprio processo e é, em potência, a própria superfície - decorrente de uma dada relação espacial que se concebe em processo. A superfície resultante, é tanto produto ou último diagrama de uma sequência processual, quanto diagrama de outra que de si potencialmente é a continuidade.

#3

fg3_01 – Nó Trefoil – prototipagem rápida

diagrama –
a arquitetura na (da) topologia/
a topologia na (da) arquitetura

diagrama - a arquitetura na (da) topologia/ a topologia na (da) arquitetura

"Pois dizer que duas coisas são desconectadas, não é mais do que dizer que elas se conectam de um modo diferente daquele que está sob contemplação. Pois tudo está em alguma relação com cada outra coisa." Charles Sanders Peirce [PEIRCE, 1933: p. 4.319] ¹

¹ *"For to say that two things are disconnected is but to say that they are connected in a way different from the way under contemplation. For everything is in some relation to each other thing."* [PEIRCE, 1933: p. 4.319]

O conceito de diagrama processual topológico desenvolvido no capítulo anterior – e, indiretamente, no capítulo inicial – será neste aproximado a referências ao diagrama e ao seu uso realizados em Arquitetura Contemporânea por alguns arquitetos paradigmáticos. A imbricação entre Arquitetura e Topologia, para além daquela inerente às relações espaciais de continuidade e descontinuidade, pelas quais seus objetos podem ser analisados, é possível de se realizar por meio do diagrama processual topológico: uma "arquitetura" de criação *da* Topologia, geratriz de "arquiteturas" *na* Topologia, que pode se mostrar como um "meio topológico" de criação *da* Arquitetura, investigador de relações topológicas *na* Arquitetura.

Como uma aproximação indireta do diagrama processual topológico à Arquitetura, será desenvolvido brevemente o que pode ser um entendimento da transposição de um conceito fundamental da Topologia - e inerente a uma topologia representada pelos diagramas -, a *conectividade*, para o campo da Arquitetura. Também como aplicação em Arquitetura, serão esboçadas diferenciações entre o diagrama geométrico e o diagrama topológico e entre desenho e diagrama. Após o que o diagrama processual topológico será aproximado criticamente a ocorrências do diagrama processual em Arquitetura.

3.1 características topológicas em espaços arquitetônicos - (des)conectividade como qualificação espacial fundamental

O tema da continuidade-descontinuidade espacial e visual em Arquitetura tem seus desdobramentos nas mais diversas formalizações, em duas instâncias da fruição arquitetônica: sua porção formal ou estética (aspecto formal) e seu arranjo espacial ou modo de utilização (aspecto espacial). Instâncias que em uma obra arquitetônica podem conformar-se de maneira associada ou dissociada.

O mote “a forma segue a função” proposto por Louis Sullivan, paradigmático do que se convencionou designar como o Movimento Moderno em Arquitetura denota associação direta entre os aspectos espacial e formal, em situação de hierarquia em que o primeiro conduz o segundo. Grandes obras Modernas como o Pavilhão Alemão na Exposição de Barcelona de Mies van der Rohe (1929) ou a Casa de Vidro de Phillip Johnson (1949), dentre outras, apresentaram e potencializaram a associação entre as continuidades espacial e visual. Dos cinco pontos da arquitetura propostos por Le Corbusier que configuraram boa parte do arcabouço projetual sobre o qual se moveu a Arquitetura Moderna, três - pilotis, planta livre, estrutura independente da vedação – convergem para a continuidade espacial-visual seja ela entre ambientes internos, seja entre interior e exterior, um outro - terraço-jardim – converge para a continuidade espacial entre exterior e interior, e outro ainda - janelas em extensão – converge para a continuidade visual entre ambientes internos e entre interior e exterior.

fg31_01 – Hans Schmitz Haus (Glas Pavillion), Alemanha, 2001 – Jörg Hieber e Jürgen Marquardt

fg31_02 – Villa Savoye, 1928-31 – Le Corbusier

A chamada “Arquitetura Pós-Moderna” desenvolvida a partir dos anos 1960, germinada nos escritos de Robert Venturi, se caracterizou por intensa dissociação entre os aspectos formal e espacial da arquitetura, acompanhado da grande prevalescência do primeiro – associado à fruição leiga - em detrimento do segundo – associado à fruição culta. Em decorrência, a temática do espaço e a continuidade-descontinuidade não compuseram a pauta em discussão, formada apenas pela continuidade visual a ser promovida pela arquitetura realizada pelos arquitetos por meio da replicância das estruturas comunicativas construídas pelo mercado de consumo e a indústria cultural.

Mais adiante, na “Arquitetura Deconstrutivista”, que em grande medida intencionou realizar a tradução arquitetônica do conceito de “deconstrução” desenvolvido pelo filósofo contemporâneo Jacques Derrida, o tema da continuidade-descontinuidade das estruturas torna-se central. Não implicando sempre em associação direta entre os aspectos espaciais e formais, e com maior foco nas questões formais, a deconstrução se traduziu na elegia do “fragmento” em detrimento ao “todo”.

fg31_03 – Estudos de Fachadas, 1977 – Robert Venturi

fg31_04 – Ampliação do Museu Judaico de Berlim – Daniel Libeskind

Atualmente, a questão da associação entre os aspectos espacial e formal da arquitetura, pelo mote da continuidade das estruturas, encontra ampla base de representação nos procedimentos aqui comentados sob o tema da Continuidade Espacial – a modelagem de superfícies, no Capítulo 1, e que metonimicamente podem ser citadas por meio da Biblioteca de Jussieu (1992) de Rem Koolhaas ou das Piscinas Sloterpark (1994) do grupo MVRDV. Nestes casos tanto arranjo espacial quanto forma decorrem da modelagem da superfície, sendo esta, em última instância aquela que, pela dobra, promove a continuidade espacial e a unidade formal/material – normalmente revelada externamente por panos de vidro. Forma e arranjo espacial se apresentam, nestes casos, de maneira fortemente associada, mas não em relação hierarquizada como no Movimento Moderno. São produtos de uma negociação entre si, promovida pela ação de modelagem, que por homeomorfismos, atende à necessidade de conexão entre elementos ao mesmo tempo em que delineia a forma.

A questão da continuidade espacial e visual em arquitetura pode ser diretamente vinculada ao conceito de *conectividade por caminhos* em Topologia (Ver item 2.2.2.1, no capítulo anterior), de onde uma região ou superfície é dita conexa por caminhos se quaisquer dois pontos dela podem ser unidos por um arco contínuo situado inteiramente nela. Inversamente, pode-se ter o conceito de *desconexão*, como a reunião de abertos disjuntos, isto é, conjuntos cuja interseção é vazia. Um teorema estabelece que conexão por caminho implica em conexão, mas não a recíproca, ie, um espaço pode ser conexo sem ser conexo por caminhos. Uma superfície ainda pode ser *simplesmente conexa* se

não há limitação de conexões entre seus pontos impostas, por exemplo, por furos, como em uma esfera, opostamente a um toro que possui o vão central.

A representação do conceito de conectividade por caminhos em Topologia pode ser realizada em Arquitetura pela construção de um grafo que registra as conexões espaciais entre ambientes internos, as conexões visuais entre interior e exterior, ou ainda os percursos que se estabelecem desde o exterior e entre os ambientes do interior. Em uma arquitetura, conectividade e desconectividade em superfícies, longe de promoverem uma relação binária, criam, por meio da sobreposição dos grafos de conexão espacial com os grafos de conexão visual, as relações entre os ambientes que são intuitivamente denominadas de fronteiras, limites e barreiras. Grosso modo, poder-se-ia considerar as fronteiras como pontos de interseção espacial e/ou visual pertencentes a dois conjuntos distintos, os limites como pontos de borda que demarcam a extensão dos conjuntos sem impedir a conexão espacial e/ou visual, e barreiras, os pontos de borda que não permitem a conexão espacial e/ou visual.

A conectividade por caminhos em Arquitetura reduz todas as possíveis superfícies, quanto à conexão espacial e visual que permitem, em apenas duas: superfícies *por onde*, aquelas que de alguma forma permitem a conexão espacial e/ou visual entre ambientes, e, por contrário, superfícies *contra*, que não permitem a conexão espacial e/ou visual entre ambientes. As arquiteturas resultantes da modelagem de superfícies contínuas, superfícies *por onde*, podem ser traduzidas como grafos conexos compostos não por arestas (entidades unidimensionais), mas por superfícies (entidades bidimensionais), em que a dobra é a porção da superfície que permite a conectividade vertical.

fg31_05 -
Bibliothèques Jussieu.
1992 . Paris, França .
OMA. Modelo
eletrônico.

fg31_06 - Virtual
House. 1997. FOA

Do modo de conexão entre pontos numa região, em Topologia, decorre, por exemplo, a classificação de uma superfície ser *orientável* ou *não-orientável* (Ver item 2.2.2.1, no capítulo anterior). Por esta classificação, tem-se que uma superfície, no primeiro caso, tem dois lados, em cima_ou_embaixo, dentro_ou_fora, os quais não tem conectividade por caminhos entre si; no segundo caso, a superfície tem um único lado contínuo, em cima_e_embaixo, dentro_e_fora, que se constitui como a continuidade espacial entre interior e exterior. Em Arquitetura, investigações sobre não-orientabilidade, que freqüentemente tomam a Fita de Möbius e a Garrafa de Klein como referência projetual, estão presentes em projetos como: *House 11a*, de Peter Eisenman, *Möbius House* e *Pavilion Triennial*, do UN Studio, *Virtual House*, do FOA, Projeto para o *Yokohama Ocean Terminal*, de Winka Dubbeldam e o projeto teórico *Möbius House: Hyperurban Architecture* de Stephen Perrela e Rebecca Carpenter. Estes últimos comentam sua obra:

2 “Möbius House is neither an interior space nor an exterior form, but a transversal membrane that reconceptualizes the conventional relationship between interior and exterior into a continuously deformed bridging surface.” [ZELLNER, 1999: p.46]

“A Möbius House não é nem um espaço interior nem uma forma exterior, mas uma membrana transversal que reconceitualiza a relação convencional entre interior e exterior em uma superfície conectora continuamente deformada” [ZELLNER, 1999: p.46]²

Quando se considera, em Topologia, o fato de uma operação topológica alterar ou não a topologia do objeto em questão, implicitamente o que se coloca é a manutenção ou não da continuidade por caminhos – além da continuidade e proximidade entre seus pontos. Em Arquitetura, a ação de projetar considerando características topológicas reposiciona como algo central o que constitui a especificidade da Arquitetura, o manejo do espaço. As arquiteturas modeladas por superfícies têm o potencial, por meio da articulação e construção de arranjos espaciais - ou por meio da ação simultânea de arranjo espacial e formal que a modelagem condensa, mais do que a investigação isolada da forma freqüentemente valorada -, de realizar a conectividade entre estruturas urbanas.

Sob a ótica da continuidade espacial um edifício tem duplo valor, é tanto um elemento conectado, interna e externamente, quanto um elemento (des)conector, que pode propiciar a (des)conexão entre partes urbanas antes em inversa condição. São paradigmáticos da questão colocada dois edifícios projetados por Rem Koolhaas, da última década do século XX: a Biblioteca de Jussieu, na França e o Kunshall, na Holanda. O primeiro, grande exemplo de seu conceito de “urbanidade interior”, condensa além da biblioteca, outros serviços normalmente presentes na cidade e que são interiorizados numa rede horizontal-vertical composta por uma superfície contínua. O edifício não conecta pontos da cidade, mas os transfere para si, reconectando-os em continuidade. O segundo tem a qualidade de conector de elementos do entorno por meio de superfícies de piso que caracterizam lugares de passagem e de estar (ou simultaneamente, como

o anfiteatro). Entre parque e via pública, elementos transversos ao edifício separados por cotas distintas, é construído um *hall* que, por meio de uma superfície contínua com inflexões e dobras, propicia o contato entre ambos e destes com as atividades internas ao edifício.

fg31_07, fg31_08,
fg31_09 - Möbius
House - vista externa;
vista externa; diagrama
de tempo/espço

Dentre as arquiteturas que fazem uso de superfícies topológicas para referenciar a noção de continuidade em Arquitetura Contemporânea, um dos exemplos mais conhecidos, é a Möbius House, de Ben van Berkel e Caroline Bos (UN Studio), localizada em Het Gooi, Holanda, residência com 550m², projetada e construída entre 1993-1997. Nesta residência para um casal, tanto a Faixa de Möbius, quanto o bi-toro (soma conexa de dois toros), estruturas espaciais, foram tomadas como *“orientação sugestiva, instrumental e experimental, com uma possível organização espacial e/ou uma substância (...) como uma máquina abstrata, a qual pode gerar diversas maneiras de trabalhar, em vez de ser utilizada como uma metáfora ou uma referência”* [BERKEL, 1999: p.75], para a concepção de uma estrutura temporal de uso do espaço, a qual acaba por desenhar um encadeamento espacial de ambientes em um ciclo contínuo. As atividades que conformam o período de um dia são dispostas sequencialmente em quatro áreas, trabalho, vida social, vida familiar e momentos privados. Os dois habitantes, em movimento ao longo da volta, encerram, cada um, um ciclo diário. Nas palavras do arquiteto:

3 “The diagram of the double-locked torus conveys the organisation of two intertwining paths, which trace how two people can live together, yet apart, meeting at certain points, which become shared spaces. The idea of two entities running their own trajectories but sharing certain moments, possibly also reversing roles at certain points, is extended to include the materialisation of the building and its construction. As a graphic representation of 24 hours of family life, the diagram acquires a time-space dimension, which leads to the implementation of the Möbius band. Equally the site and its relationship to the building are important for the design. The site covers two hectares, which are divided into four areas distinct in character. Linking these with the internal organisation of the Möbius band transforms living in the house into a walk in the landscape. The mathematical model of the Möbius band is not literally transferred to the building, but is conceptualised and can be found in architectural ingredients, such as the light, the staircases, and the way in which people move through the house. So, while the Möbius diagram introduces aspects of duration and trajectory, the diagram is worked into the building in a mutated way. The instrumentalisation of this simple, borrowed drawing is the key. The two interlocking lines are suggestive of formal organisation of the building, but, that is only the beginning: diagrammatic architecture is a process of unfolding and ultimately of liberation. The diagram liberates architecture from language, interpretation and signification.” [BERKEL, BOS, 1999: p. 40. Part 2]

fg31_10 - Möbius House- diagrama de tempo/espaço

“ O diagrama do bi-toro exprime a organização de dois caminhos interceptados, que desenham como duas pessoas podem viver juntas, e ao mesmo tempo separadas, encontrando-se em certos pontos, que tornam-se espaços compartilhados. A ideia de duas entidades percorrendo suas próprias trajetórias mas compartilhando certos momentos, possivelmente também mudando papéis em certos pontos, é ampliado para incluir a materialização do edifício e sua construção. Como uma representação de 24 horas da vida familiar, o diagrama adquire uma dimensão espaço-temporal, que conduz à implementação da faixa de Möbius. Igualmente o terreno e sua relação com o edifício são importantes para o projeto. O terreno conforma dois hectares, que são divididos em quatro áreas distintas no caráter. Conectando estes com a organização interna da faixa de Möbius transforma-se o habitar na casa em um caminhar na paisagem. O modelo matemático da faixa de Möbius não é literalmente transferido para o edifício, mas é conceitualizado e pode ser encontrado em ingredientes arquitetônicos, como a luz, as escadas, o modo como as pessoas movem-se ao longo da casa. Assim, como o diagrama de Möbius introduz aspectos de duração e trajetória, o diagrama é trabalhado no edifício em uma forma mutante. A instrumentalização deste simples desenho emprestado é a chave. As duas linhas interconectadas são sugestivas da organização formal do edifício, mas, isto é somente o início: arquitetura diagramática é um processo de desdobramento e principalmente de liberação. O diagrama libera a arquitetura da linguagem, da interpretação e da significação” [BERKEL, BOS, 1999: p. 40. Part 2] ³

A instrumentalização de superfícies topológicas como o bi-toro e a Fita de Möbius, segundo o arquiteto, vem de encontro a algumas questões projetuais: a imagem da trajetória de duas entidades (os habitantes) com histórias distintas e que compartilham pontos em comum — também expressa na utilização de dois materiais que se revezam na casa, concreto

(opaco) e vidro (verde transparente) -, a continuidade temporal entre elementos opostos no ciclo diário, como o dia e a noite, e a continuidade na implantação espacial, entre residência (interior) e território (exterior). As três instâncias, sociológica, temporal e espacial, denotadas no uso das superfícies topológicas para a tematização do edifício merecem ponderações frente à conectividade espacial nele construída.

Quanto à uma possível continuidade interior-exterior entre edifício e paisagem inspirada na fita de Möbius, esta se traduz na obra pelo zoneamento da casa em quatro áreas (trabalho, vida social, vida familiar e momentos privados) que são replicadas na área externa. O que faz com que a obra então, metaforicamente – e não espacialmente –, seja continuidade do território.

O diagrama do bi-toro é tomado como algo que sugere “*duração e trajetória*”, composto por “*duas linhas interconectadas*” que direcionam a “*organização formal do edifício*”. Por “*trajetória*” e “*organização formal*” pode-se subentender a conectividade referente ao bi-toro que procura-se representar na obra, e por “*duas linhas interconectadas*”, tanto aos dois toros conexos da superfície, quanto em termos existenciais, à vida dos (dois) habitantes. Nestes termos, pode-se considerar a trajetória diária como um ciclo pessoal encerrado que ao cruzar com outros ciclos, abstratamente com estes “*desenham*” não apenas um bi-toro, mas n-toros - algo inerente ao binômio aproximação/distanciamento entre seres humanos que independe de uma dada estrutura espacial.

fg31_11, fg31_12,
fg31_13, fg31_14 -
Möbius House- planta
pavimento inferior;
térreo; 2. pavimento;
cobertura

pavimento inferior
01. estocagem
02. hóspedes
03. banho
04. circulação

térreo
01. dormitório
02. escritório (01)
03. circulação
04. banho
05. wc
06. rampa
07. garagem
08. estocagem
09. sala de jantar
10. circulação
11. cozinha
12. varanda
13. sala
14. chaminé

2. pavimento
01. vazio
02. estocagem
03. dormitório
04. circulação
05. dormitório
06. banho
07. escritório 02

fg31_15 - Möbius House - maquete e modelo digital. 1993. Holanda. Ben van Berkel

fg31_16 - Möbius House - Diagrama

Ainda para o arquiteto, a aquisição de uma dimensão espaço-temporal pelo diagrama do bi-toro, conduziria à faixa de Möbius – algo que em termos topológicos não se verifica pela oposição quanto à orientabilidade que possuem. Apenas em um sentido metafórico – contrariando a intenção de não-metáfora do arquiteto – a similaridade das duas superfícies pode ser induzida: somente o fato de ambas proporcionarem a continuidade de dois elementos antes desconexos como os dois toros do bi-toro e os dois lados da Fita pode levar a uma aproximação.

Se a Fita de Möbius e o bi-toro se prestam à metáfora sociológica de continuidade existencial entre duas pessoas no espaço arquitetônico, a referência à continuidade temporal de um ciclo diário expressa na residência pela conectividade construída entre os ambientes sugere, porém, outra metáfora. Considerando o diagrama de conectividade resultante do percurso completo pela residência, tem-se, nem a conectividade referente à Faixa, nem a do bi-toro, mas a conectividade referente ao toro (superfície orientável,

composta pela identificação dos bordos de um cilindro), superfície, como tantas outras, na qual podem conectar-se ou interceptar-se as diversas trajetórias diárias. Diagrama que aparece na residência de forma enodada, mas que por homeomorfismo, pode ser reconstituído em sua representação essencial. Há, então, uma clara distinção entre o aspecto formal da residência e seu aspecto espacial; o que metafórica e formalmente quer sugerir tanto a Fita de Möbius quanto o bi-toro (!), espacialmente corresponde ao toro. O que seria uma residência com pátio central, este não tão claro devido às auto-interseções da projeção escolhida.

A essas considerações, soma-se a leitura de um dos diagramas da obra referente à Fita de Möbius - que também no nome e no texto acima, compõe a tematização da residência. Observando-se atentamente, percebe-se que a representação da Fita (superfície não-orientável não-fechada que possui uma única componente de bordo), é formada por três linhas ou curvas fechadas simples, sugerindo as trajetórias dos dois habitantes e outra comum aos dois. Estas linhas são unidas no diagrama por superfícies, que visualmente podem remeter à Fita, mas que, de fato, compõem dois cilindros enodados, sendo o cilindro uma superfície orientável não fechada com dois bordos desconexos. Superfícies opostas quanto à conectividade, portanto. A primeira, não distingue dentro e fora, conformando um único e contínuo “lado”, a segunda, possui a demarcação entre dentro e fora, como lados que tem conectividade intrínseca, porém, desconexos entre si. O diagrama formalmente quer sugerir a não-orientabilidade, mas espacialmente se mostra orientável.

A comparação entre obra e “metáfora”, além de aproximar criticamente os meios conceituais e representacionais de arquitetura em relação a ela mesma, exemplifica a questão desenvolvida por este item da pesquisa: a topologia como um instrumental para o manejo do espaço, ou em outras palavras, a (des)conectividade como qualificação espacial topológica fundamental. Esta que, em muito, pode qualificar a vivência no espaço.

fg31_17, fg31_18,
fg31_19, fg31_20 -
Möbius House- vistas
internas

3.2 diagrama em arquitetura. O diagrama processual topológico em arquitetura

Se tomadas somente as condicionantes propostas por Peirce, de iconicidade, relação e analogia, e por Russell, de relação espacial, o uso de diagramas em Arquitetura remonta há muito tempo. O diagrama, explicitado por meio de seu funcionamento genérico como uma estrutura de relações entre elementos análoga à estrutura encontrada no objeto, é ferramenta que se identifica com o modo de estruturação do campo que representa.

Os diagramas quando utilizados para representarem características geométricas – referentes à geometria euclidiana – a elas reportam sua estrutura; neste caso as propriedades geométricas que dizem respeito à forma estão em relação: medidas lineares e angulares, área, volume e proporções entre suas várias partes. O uso intuitivo destes diagramas em Arquitetura remonta diretamente à história da construção e ao conhecimento construtivo adquirido historicamente, tanto como resposta às necessidades objetivas de resistência construtiva, quanto às necessidades subjetivas do belo ou da representação de ordens metafísicas.

É notória a ilustração realizada por Leonardo da Vinci para a publicação *“De Divina Proportione”* de Luca Pacioli (1509) em que da relação proporcional, bela e harmoniosa do corpo humano, supostamente se extraem relações geométricas, ou então, em que se encontra a beleza da perfeição no corpo humano ao inscrevê-lo em uma ordem geométrica. O círculo e o quadrado emprestam suas propriedades para colocar os membros humanos em relação, uma relação proporcional somente possibilitada pela geometria.

fg32_01 – Homem Vitruviano – “*De Divina Proportione*” - Leonardo da Vinci

Mas é na autonomização do projeto em relação à construção, com seu marco inicial em Filippo Brunelleschi, que a ação humana objetiva de antever os novos problemas construtivos é potencializada, pela qual o diagrama geométrico passa a se tornar o instrumento privilegiado para o projeto arquitetônico: plantas, cortes, elevações e perspectivas. Projeções do objeto como representação de relações geométricas intrínsecas a ele.

Da mesma genealogia do esquema de Leonardo da Vinci, outros dois diagramas que vinculam uma ordem natural a uma ordem geométrica tiveram grande profusão no meio arquitetônico. A seção áurea, chamada *“sectio aurea”* pela primeira vez pelo próprio Leonardo, e que pode ser encontrada em sua ilustração do Homem

Vitruviano, vincula as dimensões da divisão de um segmento de reta AB por um ponto M em outros dois, tais que: $V/U = U/V-U$. Diz-se que o segmento está dividido em média e extrema razão, ou seja, em razão áurea, na proporção de 1,61803 (número áureo, o equivalente a $1 + \sqrt{5}/2$) entre os segmentos resultantes. Com esse segmento são construídos duas figuras geométricas básicas, o retângulo e o triângulo áureos.

A seção áurea há muito tempo tem sido extraída, com um certo grau de aproximação, de elementos da natureza, como folhas, sementes, conchas, entre outros e o próprio corpo humano. Para alguns mais místicos seria a representação de uma ordem cósmica, na qual a arquitetura deveria se inserir por meio da adoção da proporção áurea. Foi empregada pelos gregos antes do tempo de Euclides, que a usavam na arquitetura e nas artes em geral, mas passou a ser mais conhecida a partir da Idade Média, com o lançamento do “Livro do Ábaco”, do matemático italiano Leonardo Fibonacci, em 1202 – livro em que desenvolve a seção áurea e uma sequência numérica (sequência de Fibonacci), progressão de números naturais que começa com 0 e 1, sendo o próximo número a soma dos dois anteriores: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13.... Demonstra-se que, se $F(n)$ denota o n-ésimo termo da sequência de Fibonacci, então a razão entre $F(n)$ e $F(n-1)$ tende ao número áureo quando n tende ao infinito.

fg32_02 – seção áurea

fg32_03 - cone flowers

fg32_04 - pinha

Outro diagrama de proporções geométricas conhecido é o Modulor, criado por Le Corbusier entre 1942 e 1948, a partir da abstração da dimensão de um homem ideal, a qual é aplicada a seção áurea e a sequência de Fibonacci. Le Corbusier cria a partir da altura máxima de ocupação de espaço pelo corpo humano - por ele designada como a distância do chão às pontas dos dedos com o braço levantado - e da metade dessa altura (até o plexo solar), duas séries de valores em relação áurea, obtidas a partir da divisão harmônica desses comprimentos, que compõem uma variedade de medidas humanas.

fg32_05, fg32_06 –
Modulor. Le Corbusier

A série vermelha diz respeito a duas alturas humanas, 183 e 175cm, e a série azul considera a altura do homem com o braço levantado, 216 ou 226cm. Destas séries decorrem três medidas-base de seu sistema em proporção áurea: 113, 70 e 43cm. Um todo dividido em partes proporcionadas às quais corresponderiam todas as estruturas criadas para o ser humano, o homem como a medida de todas as coisas. A partir deste diagrama, Le Corbusier desenvolveu boa parte de suas grandes obras como a Unidade de Habitação de Marselha (1946-52).

Na tradição arquitetônica japonesa, o *tatami*, superfície têxtil retangular que recobre o piso das construções, é um diagrama de relações geométricas baseadas nas dimensões humanas - 6-6.7 x 3-3.3 '*sha-ku*' equivalentes a 1829-2042 x 914-1006mm - na proporção de 2:1, que mensura os ambientes segundo o número de peças e sua disposição, estruturando as relações que neles ocorrem, como a cerimônia do chá, por exemplo. Essa proporção, de 2:1, numa corda (de violão, por exemplo), é aquela com a qual se obtém a mesma nota musical, uma oitava acima (como primeiro observou Pitágoras).

fg32_07 - Tatami

De modo análogo, o diagrama quando aplicado às características topológicas, delas toma o modo de funcionamento, a saber, o registro de certas invariantes geométricas sob alteração da forma, como por exemplo, a continuidade espacial. O uso intuitivo de desenhos, para representar regiões em Arquitetura, sem a consciência do que seriam características topológicas, remonta aos primórdios da civilização humana, quando da execução de esquemas de aldeias ou da própria noção de interioridade de um abrigo.

Em processo de projeto, relações hierarquizadas entre ambientes arquitetônicos são comumente organizadas, mesmo que de maneira intuitiva, por meio de organogramas, espécie de diagrama ou grafo de espacialização de um dado programa. Do sentido da palavra organograma vem a noção da construção de uma gramática de organização, em que dados são conectados uns aos outros por meio de relações de hierarquia e interdependência. A característica puramente relacional da atividade projetual do arquiteto é enfatizada por Pellegrino:

*“Quando está projetando, o arquiteto reflete originariamente numa escala global. Esforça-se em relacionar diferentes dependências do futuro edifício dimensionadas grosso modo. Em continuidade traça um croqui mais ou menos preciso que implanta no terreno e se os ambientes tem uma má orientação em relação a ele, voltará ao organograma e atuará na ordem de aparição daqueles. Sua principal preocupação está na sintaxe e na gramática, mediante as quais une ‘palavras’ para formar ‘frases’, edifícios que são combinações de ambientes.” [PELLEGRINO, 1999: p.50]*⁴

4 “Cuando está proyectando, el arquitecto reflexiona originariamente a escala global. Se esfuerza en relacionar diferentes dependencias del futuro edificio dimensionadas grosso modo. A continuación traza un croquis más o menos veraz que implanta en el terreno y si las habitaciones tienen una mala orientación respecto al mismo, volverá al organigrama y actuará en el orden de aparición de aquéllas. Su principal preocupación radica en la sintaxis y en la gramática, mediante las que añade ‘palabras’ para formar ‘frases’, edificios que son combinaciones de habitaciones.” [PELLEGRINO, 1999: p.50]

Há situações em que o uso intuitivo dos grafos pelo arquiteto apresenta uma situação simultaneamente próxima e distante da noção de diagrama topológico. O arquiteto aproxima-se da representação diagramática ao construir o organograma para projetar as relações a existir no objeto, mas por outro lado, quando ignora as características topológicas do diagrama, o próprio organograma passa a reger diretamente a criação arquitetônica: do organograma cristaliza-se a planta - forma bidimensional - da qual é extrudado o volume - forma tridimensional. O diagrama passa a reger o que não está em seu escopo, a forma; o organograma deixa de ser um diagrama topológico para ser um geométrico. Quando considerado em sua totalidade, suas características topológicas e icônicas também são consideradas; quando tomado apenas em parte, perde sua real potencialidade, que é a representação de relações pertencentes ao objeto independentemente de sua forma.

fg32_08 - De um grafo, duas plantas

Grosso modo, poder-se-ia vincular o uso de diagramas em Arquitetura segundo duas grandes vertentes: a investigação de seu aspecto formal por meio de diagramas que representam a geometria e a investigação do aspecto espacial da arquitetura por meio de diagramas que direta ou indiretamente representam a topologia. Como exemplo do uso do diagrama no segundo caso ainda na matriz Moderna, Le Corbusier, para além da

fg32_09 – Esquema Construtivo da Maison Dom-ino. Le Corbusier. 1914

construção do diagrama geométrico do Modulor, desenhou um dos diagramas topológicos que estruturaram seu pensamento arquitetônico, o *Esquema Construtivo da Maison Dom-ino*, que põe em relação elementos como lajes, pilares e acessos, sem a valoração de medidas e proporções. Outro exemplo em sua obra, dentre outros, são os modelos, diagramas tridimensionais, da Unidade de Habitação de Marselha que representam as conexões entre habitações.

Muito se têm investigado em arquitetura contemporânea sobre o papel dos diagramas como uma ferramenta de design e um instrumento heurístico de análise de condições projetuais, como por exemplo, por Peter Eisenman em *Peter Eisenman Diagram Diaries* [SOMOL, 1999], Ben van Berkel em *Diagram Work: Data Mechanics for a Topological Age* [BERKEL, BOS, 1998] e *MOVE* [BERKEL, BOS, 1999] e Greg Lynn em *Animate Form* [LYNN, 1999]. As menções ao diagrama processual, com suas diversas nuances, nem sempre denotam diretamente um diagrama processual topológico, pois seus objetos de operação são, em alguns casos, relações geométricas, isto é, alterações da forma em processo de projeto, independentes das (in)variâncias topológicas. Fato que delinea fronteiras entre o uso do diagrama processual em Topologia e em Arquitetura: na primeira, a forma é sempre subordinada ao processo de arranjo espacial, na segunda, o arranjo espacial é freqüentemente subordinado à investigação da forma.

Como já desenvolvido no item anterior relativo à (des)conectividade, os aspectos formais e os espaciais são instâncias pelas quais um objeto arquitetônico é fruído. Se o uso de diagramas processuais geométricos em Arquitetura potencializam explorações formais – e formalismos –, o uso do diagrama processual topológico foca o que é o específico da disciplina, o manejo de relações espaciais.

5 “is defined by the co-presence of motion and force at the moment of formal conception. Force is an initial condition, the cause of both motion and the particular inflections of a form.” [LYNN apud ZELLNER, 1999: p.138]

O que aponta, como instigação à reflexão, para o trabalho de Greg Lynn - do escritório *Form*, forma –, talvez o arquiteto contemporâneo que mais faça menção à Topologia. Em seu livro *Animate Form* [LYNN, 1999], o conceito homônimo é definido “pela co-presença de movimento e força no momento da concepção formal. Força é uma condição inicial, a causa de ambos, movimento e as inflexões particulares de uma forma” [LYNN apud ZELLNER, 1999: p.138]⁵. Se em seu conceito de “formas animadas” estão presentes as variáveis do tempo e da concepção processual próprios do diagrama processual topológico, a variável que diz respeito ao espaço foca especificamente a

transformação da forma, que sob ação do conceito físico de força, seria dotada de movimento e inflexões. Somente a *posteriori* da transformação formal, escopo de seu trabalho, as transformações espaciais a ela subordinadas – e as possíveis decorrentes alterações em sua topologia que não são mencionadas - poderiam ser investigadas.

Do mesmo modo, instigando maior proximidade com a investigação de relações espaciais próprias do diagrama processual topológico – mais que da forma – por parte de procedimentos projetuais por diagramas em Arquitetura, as operações projetuais realizadas por Peter Eisenman poderiam ser deslocadas para um enfoque operativo destas relações. O processo projetual de Eisenman, composto por uma série de operações impressas na forma em parceria com meios computadorizados de modelagem, e que decorrem em transformações formais de suas obras em processo de projeto, poderiam ser vinculadas, por critérios topológicos de continuidade e descontinuidade, a operações que não alteram topologia (homeomorfismos) e deformações que alteram topologia.

Elencadas em quadro do livro *Peter Eisenman: Diagram Diaries* [SOMOL, 1999: 238-239] podem ser aproximadas de homeomorfismos, isto é, transformações intrínsecas e contínuas que não alteram topologia, as operações de: torção, extensão, mutação, torque, distorção, aninhamento, empenamento, transferência, escalamento, transformação, deslizamento, dobragem.⁶ Somando-se a elas têm-se operações relativas à relações entre a variedade e seu ambiente de inserção como: projeção, deslocamento, rotação, mapeamento.⁷ E, de maneira oposta, com transformações extrínsecas que alteram topologia, podem ser vinculadas: extrusão, entretecimento, desmontagem, corte, interferência, interseção, superposição, repetição, impressão, duplicação, inversão, escavação artificial, enxerto, delineamento, delimitação, estratificação, montagem, esvaziamento, decomposição, ofuscamento, estriamento, enredamento.⁸

Dentre às referências à Topologia realizadas por arquitetos contemporâneos, algumas afirmações de Ben van Berkel quanto ao diagrama, ainda que em meio a citações topológicas de sentido vago já comentadas, encontram-se em uma matriz menos formal e mais organizacional – mesmo que com frequência suas obras processadas diagramaticamente, como a Möbius House, resvalam em certos formalismos. Como resposta a um contexto contemporâneo simultaneamente complexo e mediatizado, propõe técnicas inclusivas de projeto,

fg32_10 – Metablobs.
Greg Lynn

6 *Twisting, extension, morphing, torquing, distortion, nesting, warping, shifting, scaling, transformation, slippage, folding.*

7 *Projection, displacement, rotation, mapping.*

8 *Extrusion, interweaving, disassembling, shear, interference, intersection, superposition, repetition, imprinting, doubling, inversion, artificial excavation, grafting, tracing, marking, layering, montage, voiding, decomposition, blurring, striation, gridding.*

a saber a associação de imagens diversas que, em sua acepção, tornam-se diagramas ao serem instrumentalizadas no processo projetual, tanto no sentido de “máquinas abstratas” de Deleuze, quanto, no de estruturas topológicas organizacionais:

9 “In short, in the inclusive organisation blob or box are the same. Made of the same substance, mobilising ingredients on material, temporal, virtual and constructional levels, the distinction has become meaningless. (...)

Blob or box – it doesn’t matter anymore. To redefine organisational structures in an inclusive way means to proportion all information at the basis of the project in one, comprehensive system. Time and construction are compressed into one organisational structure. Rationality and fantasy coincide. The inclusive organisation absorbs all aspects of a project; its material and virtual systems and its underlying values are all taken into the equation. As values shift, the proportions change. (...) Topologically inspired diagrams like the spring structure, Seifert surface, Möbius band and Klein bottle are not applied to architecture in a stringent mathematical way, but they are not mere metaphors or themes either. These orientable and nonorientable organisation provide unifying, abstract, three-dimensional models that can be wholly or partially projected onto real-life locations to integrate the imagination and the policy at the basis of the project and its programmes, with techniques, organisation and public utility.” [BERKEL, BOS, 1999: p.221. Part1, p.21. Part 3]

“Em resumo, na organização inclusiva, bolha ou caixa são o mesmo, feitos da mesma substância, mobilizando ingredientes nos níveis material, temporal, virtual e construtivo, a distinção se torna sem sentido. (...)

Bolha ou caixa – isto não importa mais. Redefinir estruturas organizacionais em um modo inclusivo significa proporcionar todas as informações na base do projeto em um sistema compreensível. Tempo e construção são comprimidos em uma estrutura organizacional. Racionalidade e fantasia coincidem. A organização inclusiva absorve todos os aspectos do projeto; seus sistemas materiais e virtuais e seus valores de base são todos considerados na equação. Quando os valores se alteram, as proporções mudam. (...)

Diagramas inspirados topologicamente como a estrutura de mola, a superfície de Seifert, a Faixa de Möbius e a Garrafa de Klein não são aplicados em arquitetura em um estrito senso matemático, mas eles não são meras metáforas ou temas quaisquer. Estas organizações orientáveis e não-orientáveis provêem modelos tridimensionais, abstratos, unificadores, que podem, total ou parcialmente projetados em situações da vida real, integrar a imaginação e a política na base do projeto e seu programa, com técnicas, organização e utilidade pública.” [BERKEL, BOS, 1999: p.221, 225. Part1, p.21. Part 3.]⁹

fg32_11 - DreamHouse-
esquemas de circulação

De modo similar, para Lars Spuybroek, o conceito de diagrama é uma matriz organizacional e não formal. A forma em seus trabalhos, porém, é um nível privilegiado de tradução de seus conceitos de movimento e flexibilidade, além da incorporação de conceitos das “novas ciências”¹⁰, como ocorre em trabalhos de Eisenman, Lynn ou Berkel. Em nível diagramático, o arquiteto opera relações estruturais dinâmicas entre dados que representam interações homem-ambiente:

“Em minhas técnicas diagramáticas eu uso sistemas interativos flexíveis (...) ‘Flexíveis’ porque eles não são rígidos, eles não conhecem apenas uma solução, ‘interativos’ porque todos são conectados em um sistema: um parâmetro muda tudo. Eu estou tentando mover a arquitetura na direção da teoria dos sistemas.” [SPUYBROEK, 2002: p.244]¹¹

Em meio a diversidade de proposições, de todo modo, a tônica de um meio de investigação e registro processual – o diagrama – sensível à incorporação de variáveis que implicam em alterações do objeto – quer da forma, quer das relações espaciais – em processo de concepção é, sem dúvida, o grande diferencial que propõem algumas pesquisas em procedimentos projetuais em Arquitetura Contemporânea. Para Greg Lynn, por meio do diagrama,

10 “... algoritmos genéticos, caos, fractalização, lógica fuzzy etc.etc. – Onde está a arquitetura em tudo isso? Para mim – somando isso tudo – é absolutamente irresponsável prosseguir com a implantação de cubos pelo mundo (uma linguagem geométrica de 3.000 anos atrás!) em um tempo em que temos matemáticas e físicas lidando com processo, tempo e complexidade./... genetic algorithms, chaos, fractalisation, fuzzy logic etc. etc. – Where is architecture in all this? To me – to sum it all up – it is absolutely irresponsible to keep on throwing cubes into the world (a geometrical language of 3,000 years ago!) in a time where we have mathematics and physics dealing with processes, time and complexity.” [SPUYBROEK, 2002: p.247]

11 “In my diagramming techniques I use flexible interactive systems (...) ‘Flexible’ because they are not rigid, they don’t know just one solution, ‘interactive’ because all are connected into one system: one parameter changes everything. I’m trying to move architecture in the direction of systems theory.” [SPUYBROEK, 2002: p.244]

fg32_12 - V2_Lab.
Nox-Lars Spuybroek.
Diagrama de movimentos

fg32_13 - Port
Authority Gateway.
Greg Lynn. Simulações de movimentos

12 “Form can be shaped by the collaboration between an envelope and the active context in which it is situated. (...) In this way, topology allows for not just the incorporation of a single moment but rather a multiplicity of vectors, and therefore, a multiplicity of times, in a single continuous surface. (...) The superimposition of a sequence of frames produces memory in the form of spatio-temporal simultaneity. (...) In our present age, the virtual space within which architecture is conceived is now being rethought by the introduction of advanced motion tools and a constellation of new diagrams based on the computer. (...) Thus, use of the term virtual here refers to an abstract scheme that has the possibility of becoming actualized, often in a variety of possible configurations.” [LYNN, 1999: p.10, 11, 16]

“A forma pode ser conformada pela colaboração entre um invólucro e o contexto ativo no qual está situada. (...) Deste modo, topologia leva em conta não somente a incorporação de um único momento, mas antes uma multiplicidade de vetores, e conseqüentemente, uma multiplicidade de tempos, em uma única superfície contínua. (...) A superposição de uma seqüência de frames produz memória na forma de simultaneidade espaço-temporal. (...) Em nosso tempo presente, o espaço virtual dentro do qual a arquitetura é concebida está sendo agora repensado pela introdução de ferramentas avançadas de movimento e uma constelação de novos diagramas baseados em computador. (...) Assim, o uso do termo virtual aqui refere a um esquema abstrato que tem a possibilidade de tornar-se atualizado, muitas vezes, em uma variedade de possíveis configurações.” [LYNN, 1999: p.10, 11, 16] ¹²

Para Peter Eisenman,

13 “The diagram is not only an explanation, as something that comes after, but it also acts as an intermediary in the process of generation of real space and time (...) The diagram then is both form and matter, the visible and the articulable (...) The conditions for presentness as a condition of architectural time, or architecture as a condition of act, are present in the diagram seen as an indexical sign. The indexical sign, which always implies a condition of absence, suggests an idea of time in the diagram.” [SOMOL, 1999: p.28, 30, 73]

“O diagrama não é somente uma explicação, como algo que vem depois, mas ele também age como um intermediário no processo de geração do espaço-tempo real (...) O diagrama então é simultaneamente forma e matéria, o visível e o articulável (...) As condições de presentidade como a condição do tempo arquitetônico, ou arquitetura como a condição do ato, estão presentes no diagrama visto como um signo indicial. O signo indicial, que sempre implica uma condição de ausência, sugere uma idéia de tempo no diagrama.” [SOMOL, 1999: p.28, 30, 73] ¹³

Para Ben van Berkel, com o diagrama valoriza-se

14 “... the non-hierarchical, complex, generative nature of an integral design process that takes on board all aspects of architecture. Complex insights on many levels are presented in an accelerated and compressed way. With these new visualizations, a new form of control opens up. (...) There are three stages to the diagram: selection, application and operation, enabling the imagination to extend to subjects outside it and draw them inside, changing itself in the process (...) The insertion of the diagram into the work ultimately points to the role of time and action in the process of design. Interweaving time and action makes transformation possible, as in novels where long narrative lines coil around black holes within the story (...) The story is an intrinsic combination of character, place, event and duration.” [BERKEL, BOS, 1999: p.223-Part1, p.19, 25-Part2]

“... a natureza generativa, complexa e não-hierárquica de um processo integral de design que toma consigo todos os aspectos da arquitetura. Insights complexos em vários níveis são apresentados em um modo acelerado e comprimido. Com estas novas visualizações, uma nova forma de controle se abre. (...) Há três estágios para o diagrama: seleção, aplicação e operação, permitindo à imaginação estender-se a matérias externas a si e concluí-las dentro, alterando-se no processo. (...) A inserção do diagrama no trabalho em última instância aponta para o papel do tempo e da ação no processo de design. Intermediando tempo e ação faz-se a transformação possível, como em um romance onde a longa narrativa se enrola em torno de buracos negros dentro da estória (...) A estória é uma combinação intrínseca de personagem, lugar, evento e duração.” [BERKEL, BOS, 1999: p.223. Part1, p.19, 25. Part2] ¹⁴

E ainda para Lars Spuybroek, o diagrama ao construir e investigar o processo constitui-se em metadesign, noção que converge para a qualificação proposta por Zeman de *investigação processual* do diagrama, exposta no Capítulo 2:

“... em um nível tecno-cultural, diagramar significa um movimento em direção ao metadesign. Metadesign já acontece muito em design gráfico e desenho industrial, e basicamente significa projetar com ‘templates’: outros podem usar o template para projetar um produto atual. Projetar o próprio caminho do projeto.” [SPUYBROEK, 2002: p.243] ¹⁵

¹⁵ *“... on a techno-cultural level, diagramming means a move towards metadesign. Metadesign already happens a lot in graphic design and industrial design, and basically means designing with ‘templates’: others can use the template to design an actual product. Designing the way of designing itself.”* [SPUYBROEK, 20002: p. 243]

Ampliando-se a noção que define o escopo da Topologia, o estudo de relações estruturais invariantes entre elementos sem consideração da variância métrica, em direção ao estudo das estruturas espaciais arquitetônicas e a interação humana, os diagramas podem se constituir como instrumentos que permitem, por exemplo, a investigação de certas estruturas arquitetônicas e urbanas invariantes [ALEXANDER, 1964, 1971], o estudo da interação homem-ambiente pela psicologia ambiental [HANSON, 1998], da ocorrência de eventos nos espaços arquitetônicos [TSCHUMI, 1996], dos parâmetros selecionados e operações realizadas em processo de projeto arquitetônico [BERKEL, BOS, 1998, 1999; SOMOL, 1999; LYNN, 1999; SPUYBROEK, 2002].

Genericamente, uma área de interseção se constitui entre as duas áreas, Topologia e Arquitetura, quando são designadas por meio dos termos *espaço*, *estrutura* e *relação*: a topologia como relações espaciais estruturais, isto é, como relações que estruturam o espaço, e a arquitetura como estruturas espaciais relacionais, ou seja, como porções do espaço em relação e com vocação relacional. De onde uma topologia é constituída por uma arquitetura e uma arquitetura é estruturada por uma topologia. Para Mimram [MIMRAM, 1983],

“Um dos objetos da topologia é o de apresentar os princípios fundamentais que estão na base das restrições geométricas regendo as estruturas, de mostrar o conjunto das relações que as ligam, e como elas podem ser transformadas mutuamente. Se designamos estrutura de uma configuração, o conjunto das relações entre as entidades desta configuração, então a topologia diz respeito à estrutura das estruturas.” [MIMRAM, 1983: p.31] ¹⁶

¹⁶ *“L’un des objets de la topologie est de présenter les principes fondamentaux qui sont à la base des contraintes géométriques régissant les structures, de montrer l’ensemble des relations les liant, et comment elles peuvent être transformées mutuellement. Si l’on nomme structure d’une configuration, l’ensemble des relations entre les entités de cette configuration, alors la topologie se rapporte à la structure des structures.”* [MIMRAM, 1983: p.31]

Para o mesmo autor, a topologia, além de ser concernente às conexões espaciais, está etimologicamente associada aos processos combinatórios mentais:

¹⁷ *"La topologie est le mode d'approche des structures spatiales le plus global, le plus pertinent. Si l'on considère (...) l'architecture comme une science combinatoire des arrangements spatiaux, alors on retrouve le sens étymologique du mot topologie. A l'origine, cette géométrie était considérée comme un procédé mnémonique où le fil du raisonnement comportant plusieurs alternatives, au cours d'une promenade méditative, était assimilé aux fourches des sentiers parcourus. Une telle liaison entre une géométrie de position et un processus intellectuel est fondamentale dans l'évolution de notre pensée structurale."* [MIMRAM, 1983: p.31]

fg32_14 -
2 Bibliothèques Jussieu.
1992 . Paris, França .
OMA - diagramas

fg32_15 - Très Grand
Bibliothèque, Paris,
França, Concurso,
1989. OMA

"A topologia é a maneira de aproximação mais global das estruturas espaciais, a mais pertinente. Se consideramos a arquitetura como uma ciência combinatória dos arranjos espaciais, então retornamos ao senso etimológico do termo topologia. Na origem, esta geometria era considerada como um procedimento mnemônico onde o fio do raciocínio comporta várias alternativas, no curso de um passeio meditativo, era assimilada nas bifurcações dos sentidos percorridos. Uma tal ligação entre uma geometria de posição e um processo intelectual é fundamental na evolução de nosso pensamento estrutural". [MIMRAM, 1983: p.31]¹⁷

O que passa a ser de extrema relevância para este trabalho ao confluir para a conceituação desenvolvida até o momento sobre os diagramas topológicos e seu uso em processo de projeto em Arquitetura, isto é, em investigações espaciais. Pelos aspectos icônico-analógico-relacional (Peirce), analógico-sintético e espacial-relacional (Russell), revelador de relações topológicas (Boaventura e March), de investigação processual (Newton da Costa e Zeman), o diagrama processual topológico ao representar ou investigar uma topologia compõe uma topologia análoga. Quer em sua constituição espacial, quando coloca os elementos em relação, quer em sua dinâmica temporal, quando acompanha as operações topológicas em processo. Como uma topologia, o próprio diagrama, é então *"um procedimento mnemônico onde o fio do raciocínio comporta várias alternativas"*, é interface entre espaço e pensamento, *"ligação entre uma geometria de posição*

e um processo intelectual". Mimram fortalece de forma inegável a confluência de três variáveis no diagrama processual topológico: o pensamento, o espaço e o tempo processual, aproximando-as, pela noção de topologia, da arquitetura, *"ciência combinatória de arranjos espaciais"*.

3.2.1 diagrama e desenho

A partir das conceituações construídas até aqui, algumas possíveis imbricações e diferenciações entre o diagrama e o desenho são pertinentes de serem pontuadas. Tomar-se-á como diagrama, o diagrama topológico representativo de regiões fechadas ou superfícies, ou ainda os grafos de conexão entre elementos.

Diagrama e desenho estão entre os signos não-verbais, que em oposição aos verbais, têm a especificidade de representarem o objeto de maneira analógica, por meio de similaridades, com menor intervenção de sinais convencionais que ao intermediarem a relação entre objeto e interpretante interpõem maior distância. Fato que contribui para que sejam privilegiadas ferramentas heurísticas, projetuais ou de investigação de idéias, como ressalta Massironi :

“os pesquisadores de quase todas as disciplinas que, chegados a determinados limites nos próprios conhecimentos expressos pela palavra, encontram com um sinal não verbal a possibilidade de irem mais além...”
[MASSIRONI, 1982: p. 17]

Posteriormente, ressaltando a maior proximidade que estabelecem as imagens com a percepção da realidade exterior, Massironi contrapõe as ações de codificação e decodificação presentes na estruturação das imagens – entre as quais se inserem os diagramas e desenhos – e nos códigos verbais:

“Efetivamente, a percepção pode ser assimilada a um processo de ‘decodificação’ da realidade exterior ao observador; esta comporta uma atribuição de sentido e uma aquisição de significado que coexistencialmente tem a ver com a estruturação das imagens. A representação concreta, pelo contrário, pode ser vista como uma ‘postura em código’, isto é, um processo através do qual se escolhem, se constróem e se justapõem os sinais gráficos com a finalidade de atingir esse significado; ou seja, trata-se da formalização de uma mensagem visiva cuja decodificação esteja prevista dentro de um limite preciso.” [MASSIRONI, 1982: p.20]

A matemática, que por um ponto de vista, é uma linguagem que se constrói, em parte e após Descartes, na correspondência entre expressões algébricas e signos geométricos, na intensa relação de codificação-decodificação entre signo verbal e não-verbal:

“Esta codificação aproxima o desenho da mais pura linguagem matemática. O desenho tem uma relação de interdependência com o que está situado além do sinal de igual (=): à uma reta, diagrama sintético, corresponde a sua equação, uma descrição com variáveis de análise. Alteram-se as variáveis, e o desenho da reta sofre suas alterações; um novo desenho da reta e são

¹⁸ esta afirmação traduz um teorema profundo de H. Whitney (1945) conhecido como o teorema do mergulho.

¹⁹ “Representations are objects in the world, and as such they obey certain structural constraints that govern their possible formation. The variance in inferential potential of different modes of representation is largely attributable to different ways in which these structural constraints on representations match with the constraints on targets of representation” [SHIMOJIMA, 1996A,1999 apud SEP: p.09]

novos os seus pares ordenados... Na correspondência entre a representação algébrica e a geométrica é necessário, por parte do geômetra, o domínio do código-linguagem do desenho para que possa subverter os limites do suporte-ambiente de apresentação-representação. Deste modo, o código ganha dimensões de ponte entre o que é visto e o que é compreendido: a percepção de uma existência n -dimensional se liga à compreensão de seu caráter representacional num meio, digamos, $2n$ -dimensional¹⁸. De outro modo, para o pensamento abstrato, a percepção da apresentação de um cachimbo de Magritte, segundo determinados códigos da pintura, permite a compreensão da existência do objeto cachimbo num dado ambiente, da qual a representação, por estes mesmos códigos, se aproxima. Elos entre percepção e compreensão como meios para produção de uma concepção estética da vida... O método cartesiano permite, por assim dizer, enxergar uma expressão tão pura e precisa quanto uma expressão algébrica...” [MARAR, SPERLING, 2001]

Shimojima [SHIMOJIMA, 1996A,1999 apud SEP: p.09], apresenta a questão de forma mais geral, atribuindo o potencial de inferência de um sistema representacional à correspondência entre as restrições representacionais e as do objeto representado:

“Representações são objetos no mundo, e como tal elas obedecem a certas restrições estruturais que governam sua possível formação. A variação no potencial de inferência de diferentes modos de representação é de maneira geral atribuível às diferentes possibilidades em que essas restrições estruturais de representação correspondem às restrições dos objetos da representação.” [SHIMOJIMA, 1996A,1999 apud SEP: p.09] ¹⁹

fg321_01 – A Fortaleza
– habitações e
escritórios, Céramique
– croquis – Mario Botta

fg321_02 – Diagrama
de conexões, Conjunto
habitacional – Moshe
Safdie

Aqui então se iniciam as diferenciações entre diagrama e desenho: o que representam do objeto e como, e que inferências deles podem ser retiradas. Um desenho de arquitetura – uma planta, um corte, elevação, perspectiva – de modo geral, tem como objeto de representação a obra de arquitetura de modo integral e, de acordo com o receptor-alvo, segundo padrões que correspondem a repertórios estabelecidos: o desenho entre arquitetos, o desenho para o leigo, o desenho para a construção. E dentre os sinais convencionais dirigidos a cada receptor têm grande relevância os signos representativos da materialidade e construtibilidade.

fg321_03 – Diferentes estudos volumétricos/tipológicos para habitações – Neutelings & Riedijk

O desenho de arquitetura se desenvolve então sobre duas instâncias da fruição arquitetônica já mencionadas: a questão formal ou estética (aspecto formal) e o arranjo espacial ou modo de utilização (aspecto espacial). Instâncias que comparecem em maior ou menor grau nas peças gráficas, como uma planta que elucida melhor o arranjo espacial e contém os aspectos estéticos implícitos, e uma perspectiva que apresenta primeiramente o aspecto formal, ao qual segue o aspecto espacial.

Previamente à execução de um desenho de representação de arquitetura que, de maneira geral, constrói analogias formais e espaciais com a obra representada, o croqui – realizado em qualquer meio ou suporte – é ferramenta e peça gráfica de investigação das duas instâncias arquitetônicas que nele não necessariamente comparecem de maneira associada; sua aproximação vai sendo construída no processo.

fg321_04 –
Ampliação do
Instituto da Ciência
de Cranbrook,
diagrama de Atrator
de Lorenz – Steven
Holl

O croqui, quando se constitui como ferramenta processual que se atém aos arranjos espaciais arquitetônicos – a partir dos quais são definidas as questões formais - estabelece maior semelhança com o diagrama topológico que o desenho de representação de arquitetura. Se o diagrama usa o desenho enquanto traço, o desenho torna-se diagrama topológico quando se despe do que não representa a topologia.

fg321_05 –
Ampliação do
Instituto da Ciência
de Cranbrook,
maquete – Steven
Holl

O croqui, tomado como diagrama topológico, possui um caráter processual investigativo das relações espaciais entre regiões, e um caráter representacional analógico destas mesmas relações. Para Bertin [BERTIN, 1967 apud MASSIRONI, 1982: p.114], “a construção gráfica é um diagrama quando as correspondências no plano se podem estabelecer entre uma divisão de uma componente e uma divisão de uma outra componente”, correspondências topológicas como continuidade-descontinuidade, proximidade e conectividade. O que fora disto fica, não diz respeito ao diagrama topológico e o croqui de outras investigações se investe: as proporções geométricas, o material etc.

Os croquis/diagramas topológicos, exercem papel fundamental para a construção de relações e extração de inferências que compõem o mapeamento dos problemas a resolver, estruturando a base do raciocínio arquitetônico:

²⁰ “Logical reasoning with diagrams is often carried out in virtue of their depiction of all possible models of a situation, up to topological equivalence of the diagrams (this, of course, depends on the particular diagrammatic system in use). A single diagram is often an abstraction over a class of situations, and once a suitable diagram has been constructed, inferences can simply be read-off the representation without any further manipulation. In some diagrammatic systems (e.g., Euler Circles) inference is carried out by constructing diagrams correctly and reading information off them.” [SEP: p. 08.]

“Raciocínio lógico com diagramas é muitas vezes sobrecarregado em virtude de sua representação de todos possíveis modelos de situações, até a equivalência topológica de diagramas (isso, é claro, depende do particular sistema diagramático em uso). Um único diagrama muitas vezes é uma abstração sobre uma classe de situações, e uma vez um diagrama apropriado vai sendo construído, inferências podem ser simplesmente destacadas da representação sem nenhuma adicional manipulação. Em alguns sistemas diagramáticos (por exemplo, os Círculos de Euler) a inferência é obtida construindo corretamente diagramas e lendo suas informações.” [SEP: p.08]²⁰

O que sugere que a interrelação entre concepção e execução que se extrai da inversão ‘a mão que pensa e a cabeça que desenha’ proposta por Merleau-Ponty é própria da investigação por croquis/diagramas topológicos, de onde boas inferências podem ser extraídas de desenhos estrategicamente construídos:

“Restrições espaciais, entidades peculiares a sistemas diagramáticos, podem ser consideradas como uma importante fonte de seu poder e fragilidade... Um aspecto particular dos diagramas é que eles obedecem a restrições ‘normativas’ ou ‘intrínsecas’ devido ao uso de superfícies planas como meio de representação... A complexidade de uso de regras de inferência em lógica simbólica é, nesses casos, substituída pelo problema de desenhar diagramas específicos corretamente.” [SEP: p.08] ²¹

²¹ “ Spatial constraints, being peculiar to diagrammatic systems, can be expected to be an important source of both their strengths and weaknesses... A particular distinguishing feature of diagrams is that they obey certain “nomic” or “intrinsic” constraints due to their use of plane surfaces as a medium of representation... The complexity of using inference rules in a symbolic logic is, in these cases, replaced by the problem of drawing particular diagrams correctly.” [SEP: p.08]

E por fim, quanto ao mapeamento do processo que investigam, a última especificidade que se destaca, no que diz respeito ao caráter analógico, é que um croqui/diagrama topológico se estrutura como um metadiagrama, isto é, um diagrama que se volta sobre si mesmo, pois representa uma topologia compondo uma topologia análoga. O que não ocorre com um desenho de um projeto a construir - isto é, que representa uma construção - que, mesmo formado por partes que estabelecem uma analogia uma a uma com a construção, não se efetivam nela própria.

3.2.2 diagrama como narrativa arquitetônica - (re)construção de um processo

O termo “narrativa” não pressupõe linearidade, mas o ato simultâneo de construção e descrição de ações ou acontecimentos, operação e tradução do construído por (des)continuidade e encadeamento. O termo narrativa superpõe as três instâncias do diagrama (*trans*, *intra*, *inter*-diagramas) às três variáveis que operam e registram: os processos de pensamento, as relações espaciais (ou, em alguns casos em Arquitetura, os aspectos formais), as seqüências temporais.

Dos três diagramas utilizados em Topologia para a representação da modelagem de superfícies: diagrama processual, diagrama plano e palavra, é no primeiro, como já escrito, que se encontra maior visibilidade do processo que se investiga e em que as operações topológicas são investigadas quadro-a-quadro. Uma superfície resultante passa a ser um diagrama do processo, do qual é decorrência intrínseca. É simultaneamente resultado das operações e seqüências selecionadas até ela e, em

fg322_01 – Folded and Unfold Strip, Centro Urbano Leidschenveen, 1997 – MVRDV

potência, qualquer superfície que por meio de operações dela decorra. Processo e produto em processo são indissociáveis e equivalentes.²²

²² A continuidade de processos e a indissociabilidade entre processo e produto também é comentada por Zellner: *“Arquitetura não necessita mais ser gerada pelas convenções estáticas de planta, corte e elevação. Em vez disso, edifícios podem agora ser completamente criados em softwares, interfaces e hardwares de modelagem, perfilagem, prototipagem e manufatura tridimensionais, portanto colapsando os estágios entre concepção e fabricação, produção e construção.”* (“Architecture need no longer be generated through the static conventions of plan, section and elevation. Instead, buildings can now be fully formed in three-dimensional modeling, profiling, prototyping and manufacturing softwares, interfaces and hardwares, thus collapsing the stages between conceptualization and fabrication, production and construction.”) [ZELLNER, 1999: p. 12]

A seleção de um quadro, *frame*, ou diagrama do processo como aquele que para o caso atinge certas relações almeçadas, tanto em Topologia quanto em Arquitetura, responde à dialética entre a identidade processual do diagrama e sua identidade individual: cada um é composto pelo idêntico ao diagrama precedente e por algo novo que diz respeito a si – o equivalente ao diagrama precedente sob influência da última operação. Cada diagrama, simultaneamente existente/novo, atinge condições anteriormente não alcançadas, como ressalta Granon-Lafont [GRANON-LAFONT, 1990: p.23]:

“Existe toda uma dialética entre a preparação de uma superfície por transformação contínua de seu desenho, até a brusca aparição de um acontecimento, de um ato, de uma operação, de uma mudança de estrutura desta superfície e de seu espaço criado pelo mergulho. Esta dialética entre a continuidade do idêntico até o idêntico por uma ruptura estrutural é essencial à nossa abordagem da topologia.”

E também Deleuze:

²³ *“It is like the emergence of another world. (...) The diagram is the possibility of fact – it is not the fact itself.”* [DELEUZE, 1993 apud SOMOL, 1999: p.23]

“É como a emergência de um outro mundo. (...) O diagrama é a possibilidade do fato – não é o fato ele mesmo.” [DELEUZE, 1993 apud SOMOL, 1999: p.23] ²³

A noção de narrativa associada ao procedimento projetual por diagramas também é cara a Bernard Tschumi, a qual denomina seqüência transformacional. Baseado em seqüências cinematográficas e nos procedimentos de colagem e montagem que as conformam – *“Formas de composição: colagens seqüenciais (colisões) ou montagens seqüenciais (progressões)”*²⁴ -, Tschumi vê nos *cinégramas*, os diagramas cinematográficos, uma ferramenta adequada para operar a relação espaço-tempo inerente à aproximação arquitetura-evento que propõe. Para Tschumi qualquer trabalho habitual em Arquitetura é composto por uma seqüência transformacional de representações:

fg322_02 – Igreja em
Barendrecht, 1997 –
diagramas e
perspectivas – MVRDV

²⁴ *“Forms of composition: collage sequences (collisions) or montage sequences (progressions)”*. [TSCHUMI, 1996: p.165]

fg322_03 – Business Park, Chartres. 1991. diagramas.

fg322_04 – Conjunto Residencial Prinsenhoeck, 1992-95 – maquete e diagramas – Neutelings & Riedijk

²⁵ "One customary mode of architectural drawing already implies a transformational sequence. Successive layers of transparent tracing paper are laid one upon another, each with its respective variations, around a basic theme or parti. Each subsequent reworking leads to or refines the organization principle. The process is generally based on intuition, precedents, and habit." [TSCHUMI, 1996: p.154]

"Um modo habitual de desenhos arquitetônicos já implica uma seqüência transformacional. Sucessivos layers de papéis para desenho transparentes são colocados um sobre o outro, cada um com suas respectivas variações, ao redor de um tema básico ou partido. Cada subsequente retrabalho encaminha para ou refina o princípio de organização. O processo é geralmente baseado em intuição, precedentes, e hábito." [TSCHUMI, 1996: p.154] ²⁵

Ao qual vê a necessidade de utilização e desenvolvimento de um sistema claro de notação para melhor operar e registrar as transformações arquitetônicas em projeto:

²⁶ "This sequence can also be based on a precise, rational set of transformational rules and discrete architectural elements. The sequential transformation then becomes the result, while the sum of transformations counts at least as much as the outcome of the final transformation. Transformational sequences tend to rely on the use of devices, or rules of transformation, such as compression, rotation, insertion, and transference. They can also display particular sets of variations, multiplications, fusions, repetitions, inversions, substitutions, metamorphoses, anamorphoses, dissolutions. These device can be applied to the transformation of spaces as well as programs." [TSCHUMI, 1996: p.154]

"Esta seqüência pode também ser baseada em um preciso, racional conjunto de regras transformacionais e elementos arquitetônicos discretos. A transformação seqüencial então torna-se o resultado, onde a soma das transformações conta pelo menos mais que o resultado da transformação final. Seqüências transformacionais tendem a contar com o uso de dispositivos, ou regras de transformação, tais como compressão, rotação, inserção e transferência. Elas podem também mostrar conjuntos particulares de variações, multiplicações, fusões, repetições, inversões, substituições, metamorfoses, anamorfoses, dissoluções. Estes dispositivos podem ser aplicados à transformação de espaços assim como de programas." [TSCHUMI, 1996: p.154] ²⁶

E avança diferenciando as seqüências abertas das fechadas, concorrendo para a não-linearidade e não-fechamento da narrativa intrínseca à relação diagrama-superfície em Topologia, na qual uma superfície é simultaneamente diagrama de processos diversos, tanto anteriores quanto posteriores a si:

“Há seqüências fechadas de transformações assim como abertas. Seqüências fechadas têm um fim prognosticável porque as regras escolhidas em última instância implicam na exaustão de um processo, sua circularidade, ou sua repetição. As abertas são seqüências sem fechamentos, onde novos elementos de transformação podem ser adicionados à vontade, de acordo com outro critério, assim como seqüências justapostas ou concorrentes de outra ordem – dita, uma estrutura programática ou narrativa, justaposta à estrutura transformacional formal.” [TSCHUMI, 1996: p.154-155] ²⁷

Em Topologia, o diagrama como narrativa de operações topológicas está diretamente relacionado – como já exposto – às operações que manipula, as quais são de dois tipos: operações intrínsecas e contínuas, homeomorfismos, e operações extrínsecas e descontínuas, somas conexas e identificações. Processos mistos de conformação da superfície, isto é, que fazem uso de homeomorfismos e somas conexas/identificações, como por exemplo, o processo de construção de uma Garrafa de Klein por meio da soma conexa de dois Planos Projetivos e posterior homeomorfismo, pode encontrar similaridades com alguns procedimentos projetuais em Arquitetura. A operação de homeomorfismo é similar à modelagem arquitetônica de superfícies por meio da dobra (termo em uso no campo arquitetônico), que tem se apresentado como alternativa ao paradigma construtivo combinatório de variedades tridimensionais, decorrentes de extrusão, e posterior montagem, colagem, justaposição, conexão, adição, subtração, repetição... de variedades tridimensionais, operações que tradicionalmente compõem o arcabouço projetual da disciplina.

²⁷ *“There are closed sequences of transformation as well open ones. Closed sequences have a predictable end because the chosen rules ultimately imply the exhaustion of a process, its circularity, or its repetition. The open ones are sequences without closures, where new elements of transformation can be added at will according to other criteria, such as concurrent or juxtaposed sequences of another order – say, a narrative or programmatic structure, juxtaposed to the formal transformational structure.” [TSCHUMI, 1996: p.154-155]*

fg322_05 –
Bibliothèque de L'IHUEI
– Peter Eisenman –
diagramas

Como possível exemplo de procedimento misto, isto é, por homeomorfismos, que não alteram topologia, e por operações que alteram topologia - furos -, em Arquitetura, é

o realizado pelo FOA no projeto vencedor para o *Yokohama Ocean Liner Terminal* (*Foreign Office Architects* – Alejandro Zaera Pólo & Farshid Moussavi) e que remete à construção de um origami, dobradura japonesa realizada em papel por meio de cortes, furos e dobraduras [FOA, 1995: p. XIX]. No comentário de Charles Jencks:

²⁸ *"Their landscape-building for Japan is a long, low horizontal folded plate of steel that will undulate across the water. Its structural strength is provided by the self-similar folds and the gentle undulations of the plates – flowing forms which are obvious metaphors of the sea. (...) The multi-layered topography for Yokohama achieves both diversity and unity, disjunction and continuity. (...) a system they describe as 'continuous but not uniform'". [JENCKS, 1997: p.23]*

²⁹ Cabe destacar que a oportunidade do concurso para o terminal, quer pela intrínseca proximidade exigida com o mar e as decorrentes metáforas advindas daí, quer pelo auge das discussões em arquitetura sobre modelagens de superfícies – além da grande disseminação de equipamentos para tanto – levou boa parte das 660 propostas a apresentar uma arquitetura com "referências topológicas".

"Seu edifício-paisagem para o Japão é uma longa chapa de aço dobrada e curvada horizontalmente que se ondulará por sobre a água. Sua robustez estrutural é provida por dobras auto-similares e mansas ondulações das chapas – formas flutuantes que são metáforas óbvias do mar. (...) A topografia multi-camadas para Yokohama realiza simultaneamente diversidade e unidade, disjunção e continuidade. (...) um sistema que descrevem como 'contínuo, mas não uniforme'" [JENCKS, 1997: p.23]^{28 29}

Este projeto e o de Winka Dubbeldam, também para o concurso do *Yokohama Ocean Liner Terminal*, são exemplares de outra similaridade com diagramas em Topologia: a incorporação de seqüências transformacionais, que associam o tempo do fruir o espaço por meio do movimento à alteração seqüencial do próprio espaço. O seqüenciamento de seções transversais das obras apresenta quadro-a-quadro a transformação das relações espaciais a ser descortinada pelo movimento; cada quadro funciona como um diagrama que corresponde ao seu antecessor adicionado de movimento. Em Topologia, como apresentados em item do capítulo anterior, são conhecidos os *Reidemeister Moves* que registram por meio de seqüências de nós, o nascimento e morte de uma curva fechada simples ou dos *Roseman, Homma-Nagase Moves* compostos por cenas de cortes de superfície que representam sua topologia. Diagramas que fundamentalmente registram seqüências transformacionais do espaço pelo movimento neste mesmo.

fg322_06 - Yokohama Terminal. 1995. FOA

Avançando na questão da narrativa transformacional por meio de diagramas, Greg Lynn acredita que a metáfora do modelo cinemático, baseado em quadros estáticos que simulam o movimento por meio da repetição, poderá ceder lugar ao que introduz seu conceito de *Animate Forms*: diagramas animados compostos por movimento e energia potencial, acessíveis pelo uso de modelagens computadorizadas. Algo utilizado similarmente em Topologia, por meio de softwares como Maple, que permitem a construção dinâmica de superfícies e a visualização de características como auto-interseções ou singularidades. Greg Lynn comenta:

*“O modo dominante para discussão de movimento em arquitetura tem sido o modelo cinemático, no qual a multiplicação e seqüenciamento de fotogramas estáticos simulam movimento. O problema com a imagem-movimento é que a arquitetura ocupa o papel do frame estático por meio dos quais o movimento progride. Força e movimento são eliminados da forma e são introduzidos somente depois do fato do design, por meio de conceitos e técnicas de seqüenciamento ótico. (...) Em contraste, animate design é definido pela co-presença de movimento e força no momento da concepção formal. Força é uma condição inicial, a causa tanto de movimento quanto das inflexões particulares da forma. (...) Questões de força, movimento e tempo, que tem permanentemente escapado da descrição arquitetônica devido a sua ‘vaga essência’, podem ser agora experimentadas pela suplantação das ferramentas tradicionais de exatidão e estática pelas ferramentas de gradientes, invólucros flexíveis, fluxos temporais e forças.” [LYNN, 1999: p.11, 17]*³⁰

fg322_07 - Dobraduras
– Albers, Bauhaus

fg322_08 - seções
Terminal de Yokohama
– FOA

fg322_09 – “Movie”
da Garrafa de Klein

fg322_10 - Terminal de
Yokohama, diagramas –
Winka Dubbeldam

³⁰ *“The dominant mode for discussing motion in architecture has been the cinematic model, where the multiplication and sequencing of static snap-shots simulates movement. The problem with the motion-picture analogy is that architecture occupies the role of the static frame through which motion progresses. Force and motion are eliminated from form only to be reintroduced, after the fact of design, through concepts and techniques of optical procession. (...) In contrast, animate design is defined by the co-presence of motion and force at the moment of formal conception. Force is an initial condition, the cause of both motion and the particular inflections of a form. (...) Issues of force, motion and time, which have perennially eluded architectural description due to their “vague essence,” can now be experimented with by supplanting the traditional tools of exactitude and stasis with tools of gradients, flexible envelopes, temporal flows and forces.” [LYNN, 1999: p.11, 17]*

fg322_11, fg322_12,
fg322_13 - Villa
KBWW . MVRDV -
diagramas; vista
externa; perspectiva

A idéia de diagrama como narrativa coloca então duas das variáveis do diagrama topológico, os processos mentais e as relações espaciais em direta correlação com a sua outra variável, as seqüências temporais. Tomando-se um diagrama/obra, pode-se investigar o percurso realizado em caminho retrospectivo e prospectivo ou dar seqüência a outros diagramas em caminho propositivo. Para Peirce, esta característica decorre de seu caráter relacional, do fato de propiciar mudanças inesperadas, novas relações ou *insights*:

³¹ "one can make exact experiments upon uniform diagrams; and when one does so, one must keep a bright outlook for unintended and unexpected changes thereby brought about in the relations of different significant parts of the diagram to one another. Such operations upon diagrams, whether external or imaginary, take the place of the experiments upon real thing that are performed in chemical and physical research... experiments upon diagrams are questions put to the nature of the relations concerned." [PEIRCE, 1933: p. 4.530, apud ZEMAN, 2002B: p. 08]

"Pode-se realizar experimentos precisos com diagramas uniformes; e quando assim se faz, deve-se manter um olhar atento para mudanças não intencionais e não esperadas geradas nas relações de diferentes partes significantes do diagrama para um outro. Tais operações com diagramas, sejam externas ou imaginárias, tomam o lugar dos experimentos com coisas reais que são executadas em investigações químicas e físicas... experimentos com diagramas são questões colocadas sobre a natureza das relações a que dizem respeito." [PEIRCE, 1933: p. 4.530, apud ZEMAN, 2002B: p. 08] ³¹

Esta afirmação pode ser tomada para discernir duas noções de diagrama correntes em Arquitetura, sendo uma delas similar ao que ocorre em Topologia. A primeira diz respeito ao desvendamento (retrospectivo) de uma ordem ou um tipo ou à sua aplicação em uma obra (propositivo), relativo à seqüência fechada relatada por Tschumi. A segunda, similar ao diagrama processual topológico, refere-se a um movimento não centrado

em uma origem, mas no processo, quer seja em desvendamento de diagramas anteriores, tornando-se não mais retrospectivo, mas prospectivo, quer seja em desenvolvimento, propositivo, construindo a sequência aberta de que fala Tschumi. Para Somol,

*“A primeira repetição se baseia no ideal da origem ou modelo, uma economia de identidade, e pode ser considerada como tipologicamente orientada (a imitação vertical de tempos precedentes). Em contraste, a segunda corresponde a ‘series de movimentos divergentes e existe como um contínuo processo de diferenciação. Uma retorna para um estático momento do ser, quando a outra avança por modos de vir a ser.” [SOMOL, 1999: p.9]*³²

³² “The first repetition relies on an ideal of the origin or model, an economy of identity, and can be thought of as typologically driven (the vertical imitation of time-less precedents). In contrast, the second sets in motion divergent series and exists as a continual process of differentiating. One points back to a static moment of being, while the other advances through modes of becoming.” [SOMOL, 1999: p.9]

Dentro da primeira noção inserem-se trabalhos historicamente paradigmáticos que remontam a Andrea Palladio, no século XVI e a Antoine Chrystosome Quatremère de Quincy, no século XVIII. Em 1570, Palladio, redesenhou todas as suas obras construídas para compor o livro *Quattro Libri dell’Architettura* reconcebendo-as, isto é, os desenhos não conformam plantas e elevações dos edifícios reais, mas abstrações que realizam a construção crítica de sua obra. Os edifícios constituem aproximações a uma ordem sintetizada *a posteriori*, a qual conforma um diagrama abstrato intuitivamente presente no ato criativo.

No século XVIII, o teórico de arquitetura Quatremère de Quincy desenvolveu sua teoria das origens arquitetônicas, de onde retira sua noção de tipologia. Equivalente a um diagrama de origem, a tipologia seria uma estrutura de relações configurada pela especificidade de um tipo. Em seu estudo identifica três tipologias, a caverna, a tenda e a cabana, associando a primeira e a última ao tipo primordial vultivo e fálico, respectivamente, cabendo à tenda temporária romper com a dicotomia, sendo simultaneamente interior e exterior, pesada e leve, ereta e frouxa, escura e clara [COWAN, 2001: p.6].

1. Villa Thiene em Cicogna 2. Villa Serego em Miega 3. Villa Poiana em Poiana Maggiori 4. Villa Badoer em Fratta, Polesine 5. Villa Zeno em Cesalto 6. Villa Cornaro em Piombino 7. Villa Pisani em Montagnana 8. Villa Emo em Fanzolo 9. Villa Malcontenta 10. Villa Pisani em Bagnolo 11. Villa Rotonda 12. Modelo Geométrico das Villas de Palladio.

fg322_14 - Villas
Palladianas,
diagramas
geométricos – Rudolf
Wittkower

Ainda relativo à sequência fechada retrospectiva, Rudolf Wittkower empreende ao redor dos anos 1950 em *Architectural principles in the Age of Humanism* [WITTKOWER, 1968], um estudo exaustivo sobre a obra de Palladio, a fim de aclarar os diagramas de origem de *villas palladianas*, os quais então se baseavam fundamentalmente em proporções geométricas harmônicas e uma ordenação espacial definida:

³³ “... exigía un vestíbulo en el eje central, y una absoluta simetría de las habitaciones más pequeñas, a ambos lados. (...) El rasgo más característico de los palacios y villas de Palladio era a sistematización de la planta. (...) El análisis de unas quantas plantas típicas, que abarcan un período de unos quince años, demostrará que derivan de una sola fórmula geométrica. (...) Palladio puso el mayor cuidado en emplear cocientes armónicos, no sólo dentro de cada habitación, sino también en la relación de unahabitaciones con otras; es precisamente esta exigencia de un cociente justo la medula de la concepción palladiana de la arquitectura.” [WITTKOWER, 1968: p. 74,76,77]

“... exigía um vestíbulo no eixo central e uma absoluta simetria dos ambientes menores em ambos os lados. (...) O ponto mais característico dos palácios e villas de Palladio era a sistematização da planta. (...) A análise de umas quantas plantas típicas, que abarcam um período de uns quinze anos, demonstrará que derivam de uma só fórmula geométrica. (...) Uma vez que encontrou o modelo geométrico básico para resolver o problema ‘villa’, o adaptou com a maior clareza e simplicidade possíveis às necessidades particulares de cada situação. (...) Palladio teve o maior cuidado em empregar quocientes harmônicos não só dentro de cada ambiente, mas também na relação de uns ambientes com outros; é precisamente esta exigência de um quociente justo a medula da concepção palladiana da arquitetura.” [WITTKOWER, 1968: p. 74,76,77] ³³

A partir da década de 1960, o uso de diagramas tipológicos em Arquitetura é impulsionado pelo desenvolvimento paralelo da teoria da comunicação e da semiótica e sua inserção no meio arquitetônico. Entre a arquitetura e a informação, o diagrama aparece como uma instância de operação e notação entre a forma e a palavra [SOMOL, 1999: p.8]. São deste período as obras, *Notes on Synthesis of Form* de Christopher Alexander (1964) e *A City is not a tree* (1965), *The mathematics of the Ideal Villa*, de Colin Rowe (publicação em 1976) que fazem uso dos diagramas e de algum modo refletem sobre eles.

³⁴ Sobre a procura de um diagrama geométrico de origem e a seção áurea nos trabalhos de Rudolf Wittkower e de Colin Rowe ver comentário crítico no artigo “Under Siege: The Golden Mean in Architecture”, de Michael J. Ostwald, professor do Departamento de Arquitetura da Faculdade de Arquitetura, Construção e Design da Universidade de Newcastle, Austrália, no *Nexus Network Journal*, URL: <http://www.nexusjournal.com/ostwald.html>.

Na genealogia dos estudos de Wittkower sobre as Villas de Palladio, Colin Rowe estabelece comparações e distinções entre a Villa Garches de Le Corbusier e a Villa Malcontenta de Palladio. O trabalho de Rowe, assim como o de Wittkower empreende mais uma investigação da permanência formal, isto é, das proporções geométricas por meio da “aderência a regras”, que a da continuidade das relações espaciais – embora esta venha em decorrência. Entre o diagrama geométrico e o diagrama topológico, Rowe investiga os paradigmas formais – de onde vêm os espaciais - que constituem as obras de um e outro arquiteto procurando por similaridades, e neste sentido, está interessado em encontrar a gênese, seu diagrama geométrico de origem.³⁴

O sentido de diagrama como origem também pode ser encontrado nos trabalhos de Christopher Alexander, mas por um outro viés. Se Rowe e Wittkower identificam situações formais originárias, Alexander identifica as situações operacionais originárias:

"A idéia de um diagrama, ou pattern, é muito simples. Ele é um padrão abstrato de relações físicas que soluciona um pequeno sistema de forças interativas e conflituosas, e é independente de todas as outras forças, e de todos os outros possíveis diagramas." [ALEXANDER, 1964: p. I] ³⁵

³⁵ *"The idea of a diagram, or pattern, is very simple. It is an abstract pattern of physical relationships which resolves a small system of interacting and conflicting forces, and is independent of all other forces, and of all other possible diagrams."* [ALEXANDER, 1964: p. I]

Para Alexander, todo processo de projeto deve começar pelo elenco das "forças interativas e conflituosas" que compõem as necessidades e os programas; dados que devem ser estrategicamente iterados, relacionados uns com os outros nos chamados *patterns* que dirigem a criação da forma. A forma que seria a resposta exata para todos os anseios colocados. Neste sentido, os tipos não são formais, mas operacionais, sendo que o designer "...pode criar novas formas pela combinação destes padrões..." [ALEXANDER, 1964: p.II] ³⁶:

³⁶ *"... can create new forms by free combination of these patterns..."* [ALEXANDER, 1964: p.II]

"A composição hierárquica destes diagramas conduzirá ao objeto físico cuja estrutura hierárquica é a exata contrapartida da hierarquia funcional estabelecida durante a análise do problema; como o programa clarifica as componentes originais da estrutura da forma, assim sua realização, em paralelo, de fato começará a definir a forma dos componentes físicos e sua organização hierárquica." [ALEXANDER, 1964: p.131] ³⁷

³⁷ *"The hierarchical composition of these diagrams will then lead to a physical object whose structural hierarchy is the exact counterpart of the functional hierarchy established during the analysis of the problem; as the program clarifies the component sources of the form's structure, so its realization, in parallel, will actually begin to define the form's physical components and their hierarchical organization."* [ALEXANDER, 1964: p.131]

fg322_15 – Pattern de interações urbanas – Christopher Alexander

fg322_16 – protótipo de prisão, 1993 – maquete e diagramas – Neutelings & Riedijk

Se em Alexander o processo e os dados nele manipulados são fatores determinantes, tanto em sua fase analítica quanto propositiva, a proposição é fundamentalmente decorrência da escolha de um tipo ou padrão operacional que responde às questões colocadas. A uma dada problemática – iteração de conflitos - deve corresponder um padrão ou tipo formal e a proposição, num certo sentido, torna-se retrospectiva em direção a ele.

As primeiras noções de diagrama como seqüência aberta são encontradas em trabalhos de Peter Eisenman, contemporâneos às obras citadas que se baseiam em diagramas tipológicos. Sua concepção de diagrama processual, em boa parte elaborada em sua tese de doutorado (1963), configura-se como uma resposta crítica à concepção proposta pela tese de Christopher Alexander e ao uso que fazem Wittkower e Rowe. Para Eisenman, o diagrama seria a liberação do potencial de formas que registram as forças em emergência em um processo de design, enquanto para Alexander o diagrama constituiria a determinação do ajuste ou correção da forma [SOMOL, 1999: p.7] e para Wittkower e Rowe, conformaria um paradigma formal.

Em 1970, Eisenman, realiza um estudo distinguindo a prática projetual de Corbusier e Terragni. Eisenman, incorporando conceitos da lingüística estrutural de Noam Chomsky, sugere que enquanto Corbusier trabalha sobre a semântica do objeto, criando novos sentidos por meio da iconografia, Terragni trabalha revelando a sintática – estrutura e espaço - da linguagem arquitetônica [SOMOL, 1999: p.15]. Um movimento das qualidades estéticas e perceptivas para as relações conceituais que tornam possíveis qualquer tipo de arranjo espacial – as quais posteriormente serão investigadas em sua série *Houses*. Deste modo, por meio de diagramas prospectivos, Eisenman está mais interessado nas ações e operações que dizem respeito a uma forma em processo do que em uma dada condição estática inicial geradora da forma:

“Previamente, diagramas formais raramente discutem linearidade ou relações em espaço e tempo. Quando eles tratam com formas tão bem como com funções, tais diagramas tornam-se abstrações geométricas redutivas (...) Meu uso do diagrama propõe uma racionalidade diferente, que pode ser tão mais lógica como mais envolvida com um processo de arquitetura, algo distante do processo de design do autor-arquiteto tradicional. Assim a lógica não pode ser encontrada na própria forma, mas antes em um processo diagramático que tem o potencial para descobrir a diferença entre a relação forma/conteúdo em arquitetura e outras disciplinas, particularmente as outras disciplinas plásticas da pintura e escultura.” [SOMOL, 1999: p.49-53] ³⁸

³⁸ *“Previously, formal diagrams rarely discussed linearity or relationships in space and time. When they dealt with form as well as function, such diagrams became reductive geometric abstractions (...) My use of the diagram proposed a different rationale, one that could be both more logical and more involved with a process of architecture somewhat distant from the design process of the traditional author-architect. Such a logic could not be found in form itself, but rather in a diagrammatic process that had the potential to open up the difference between the form/content relationship in architecture and other disciplines, particularly the other plastic disciplines of painting and sculpture.” [SOMOL, 1999: p.49-53]*

Enquanto no uso dos diagramas em Rowe ainda há a concepção neutra e homogênea do espaço moderno com a figuração da forma, em Eisenman há o questionamento da estabilidade da forma pelo seu entendimento como uma construção ficcional, um signo. Apropriando-se do termo “formalismo”, desloca-o para a ideia de um “trabalho sobre linguagem” [SOMOL, 1999: p.14]:

fg322_17, fg322_18
– CMRI, diagramas;
modelo – Peter
Eisenman

“Eisenman pretende sujeitar a própria ‘forma’ a uma perpétua revisão por meio de uma exaustiva sequência de operações: transformação, decomposição, enxerto, escala, rotação, inversão, superposição, transferência, dobragem, etc. E é o catálogo desses procedimentos que se torna a matéria da arquitetura, uma pré-condição disciplinar para uma aproximação diagramática.” [SOMOL, 1999: p.15] ³⁹

³⁹ *“Eisenman would subject ‘form’ itself to perpetual revision through an exhaustive sequence of operations: transformation, decomposition, grafting, scaling, rotation, inversion, superposition, shifting, folding, etc. And it is the catalogue of these procedures that becomes the subject matter of architecture, a disciplinary precondition to a diagrammatic approach.” [SOMOL, 1999: p.15]*

Operações em que o diagrama exerce papel fundamental, em que é o “caminho para tanto procurar por um processo como explicar o que foi encontrado” ou ainda em que é “substância e ação” [SOMOL, 1999: p.55, 73]. Processo onde a obra construída é apenas mais um diagrama de um processo aberto:

⁴⁰ “The serially numbered transformational diagrams (...) suggest that the ‘final’ built structures are merely indexical signs that point to a larger process of which they are only a part.” [SOMOL, 1999: p.16]

“Os diagramas transformacionais serialmente numerados (...) sugerem que as estruturas construídas ‘finais’ são meros signos indiciais que apontam para um processo maior do qual elas são apenas uma parte.” [SOMOL, 1999: p.16] ⁴⁰

ou ainda, tomando como exemplo o projeto da House VI, Eisenman considera:

⁴¹ “The designs for House VI are symbiotic with this reality; the house is not an object in the traditional sense – that is the end result of a process – but more accurately a record of a process. The house, like the set of diagrammatic transformations on which its design is based, is a series of film stills composed in time and space.” [SOMOL, 1999: p.25]

“Os projetos para a House VI são simbióticos com esta realidade; a casa não é um objeto no sentido tradicional – que é o resultado final de um processo – mas mais acuradamente um registro do processo. A casa, como um conjunto de transformações diagramáticas sobre o qual o projeto é baseado, é uma série de filmes silenciosamente compostos no tempo e espaço.” [SOMOL, 1999: p.25] ⁴¹

Avançando nas transformações diagramáticas, para Greg Lynn, apenas com os meios computadorizados de projeto e modelação é que o objeto arquitetônico pode ser manipulado em sua total complexidade, algo que as projeções parciais somadas a maquetes não permitiam. A fragmentação presente no processo de projeto pode ser substituída por uma continuidade de visualização e ação, onde os diagramas são resultantes da junção dos parâmetros escolhidos pelo arquiteto à rotina do computador – procedimento que compõe também a especificidade do trabalho de Eisenman. O objeto, na fase de projeto não passa mais por uma montagem seqüencial de seu conjunto, mas por uma modelagem de seu todo, um procedimento que, além de alterar a ação de projetar e representar, lança novos conceitos ao objeto arquitetônico: à ação contínua de modelagem realizada por três propriedades fundamentais, topologia, tempo e parâmetros, corresponde um espaço fluido [LYNN, 1999: p. 19,20].

fg322_19 - Concurso para a nova sede IUAV - Veneza. No Where Architects. diagramas

Convergingo para o entendimento dos diagramas como operações investigativas abertas propostos por Tschumi, Eisenman e Lynn, Ben van Berkel conceitua o diagrama como uma ferramenta visual utilizada para a compressão da informação com vistas para a produção de objetos – mais do que para a representação de existentes. Porém, quanto

a estruturação do processo diagramático, coloca-se próximo a Tschumi, divergindo de Eisenman e Lynn, para os quais o diagrama é composto fundamentalmente por seqüências transformacionais lineares, exemplificadas pelos diagramas da série *Houses* de Eisenman e qualquer um dos diagramas animados de Lynn. Assim como definiu Peirce, para Berkel o diagrama é uma ferramenta que tem a peculiaridade de transformar radicalmente o curso do projeto, por construir sentidos não estáticos ou fixos, numa narrativa não-linear composta por ações e reações sobre diversos diagramas [BERKEL, BOS, 1999: p.19,21- Part2]. A inclusividade de conexões do diagrama

"(...) diz respeito à natureza não hierárquica, complexa e generativa de um processo integral de design que incorpora em si todos os aspectos da arquitetura. (...) Transferir entre layers de sentidos também significa que o modelo inclusivo é a hibridização de múltiplas origens; o projeto não é fundado em conceitos isolados desenvolvidos em um processo linear. Neste sentido inclusividade implica pensamento anti-processual. O procedimento de design inclusivo envolve uma forma de pensamento analítico combinatório." [BERKEL, BOS, 1999: p.224 - Part1] ⁴²

A afirmação acima de Berkel é, em muito, similar às considerações possíveis quanto a estrutura não-linear do uso de diagramas por Rem Koolhaas – apesar de Berkel conceituar seus diagramas como imagens instrumentalizadas distinguindo-as do que seriam para ele as imagens referenciais ou *"objets trouvés"*⁴³ de Koolhaas. No OMA, os diagramas condensam informações programáticas e referenciais a serem operadas em um processo de projeto extremamente aberto a influências externas e que se desenvolve simultaneamente por diversas alternativas que, por vezes se mesclam, por vezes se sobrepõem, mas somente em estágios finais do projeto se excluem. Como comentam Philipp Oswald e Matthias Hollwich, ex-colaboradores do OMA, no artigo *OMA at work*, originalmente escrito para a revista holandesa de arquitetura *ARCHIS*:

fg322_20 – Arnheim
Center Infrastructure
– Ben van Berkel (Un
Studio) – diagrama,
wireframe,
perspectiva

⁴² "Inclusiveness applies to the non-hierarchical, complex, generative nature of an integral design process that takes on board all aspects of architecture (...) Switching between layers of meaning also means that the inclusive model is the hybridization of multiplicitous sources; the project is not founded on isolated concepts being worked out in a linear process. In that sense inclusiveness implies anti-process thinking. The procedure of inclusive design involves a form of combinative analytical thinking." [BERKEL, BOS, 1999: p.222-224 - Part1]

⁴³ objetos encontrados, recolhidos.

⁴⁴ "It is the ambition of the office to structure the design process in such a way that the maximum number of influences, criteria and ideas are included. Nothing should be excluded or fixed too quickly. It is much more a question of discovering possibilities and investigating their potential. In design practice, this means that a multiplicity of alternatives for each problem is developed and investigated. (...) The development of alternatives creates the basis for a quasi evolutionary design process. The possible developments of a design task are shown and know-how about the problem (programme, site, technology restrictions etc.) is developed. This provides the fertile ground out of which the real ideas often emerge spontaneously. (...) The decision is postponed as long as possible, because it always implies the loss of the other possibilities, limitation. (...) Once a basic idea has been found, the further shaping of the project does not proceed from this in a linear and consequent fashion." [OSWALD, HOLLWICH, 1998: p.03]

"É ambição do escritório estruturar o processo de projeto de tal modo que o máximo número de influências, critérios e idéias são incluídas. Nada deve ser excluído ou fixado muito rapidamente. Isto é muito mais uma questão de descobrir possibilidades e investigar seu potencial. Na prática projetual, isto significa que uma multiplicidade de alternativas para cada problema é desenvolvida e investigada. (...) O desenvolvimento de alternativas cria a base para um processo de projeto quase evolucionário. Os possíveis desenvolvimentos de uma atividade projetual são mostrados e o conhecimento sobre o problema (programa, sítio, restrições da tecnologia etc) progride. Isto provê o fértil terreno do qual as idéias reais muitas vezes emergem espontaneamente. (...) A decisão é postergada tanto quanto possível, porque ela sempre implica a perda de outras possibilidades, limitação. (...) Uma vez uma idéia básica foi encontrada, a nova conformação do projeto não procede dela em uma modelagem linear e conseqüente" [OSWALD, HOLLWICH, 1998: p.03-05] ⁴⁴

Os mesmos arquitetos creditam o desenvolvimento simultâneo de diversas possibilidades de respostas projetuais no OMA, a um processo que se baseia em meios visuais, em detrimento de construções verbais teóricas que tenderiam à restrições propositivas:

⁴⁵ "... there was not much discussion, but principally production: sketches, models, drawings, collages, diagrams, faxes, computer perspectives. (...) Rem does not promote theoretical discourse within the office, probably because he fears that a theoretical approach would restrict the design process rather than open it up. A theoretical manner of proceeding usually leads to unambiguous categories, monocausal structures and linear conclusions, which contradicts the intentions of OMA." [OSWALD, HOLLWICH, 1998: p.06-07]

"... não havia muita discussão, mas principalmente produção: croquis, modelos, desenhos, colagens, diagramas, faxes, perspectivas computadorizadas. (...) Rem não promove discursos teóricos no escritório, provavelmente porque ele receie que uma aproximação teórica possa restringir o processo de projeto ao invés de expandi-lo. Uma maneira teórica de proceder leva a categorias não ambíguas, estruturas monocausais e conclusões lineares, que contradizem as intenções do OMA." [OSWALD, HOLLWICH, 1998: p.06-07] ⁴⁵

fg322_21 – Programmatic
Lava - Yokohama.
diagrama programático –
OMA, 1992

Neste processo aberto desenvolvido no OMA, os modelos são parte decisiva, tanto como tradução tridimensional dos diagramas - ou diagramas tridimensionais -, quanto como meios para, a partir dos diagramas, realizar o desenvolvimento do aspecto formal da obra. Modelos-diagramas tridimensionais em que a forma é definida a partir das relações topológicas construídas:

fg322_22 – Kunsthall.
perspectiva – OMA,
1992

fg322_23 –
Bibliothèques Jussieu.

“Modelos conceituais são preparados a partir das idéias utilizáveis, muitas vezes estes modelos representam uma tradução direta de um diagrama na terceira dimensão. (...) Formas ocasionalmente resultam da tradução de um diagrama em um modelo conceitual que é então visto como um modelo concreto com dimensões e proporções. (...) Rem ama modelos. Ele pode tocá-los, tomá-los em suas mãos, manipulá-los. Os modelos processuais podem ser mudados, partes podem ser adicionadas ou retiradas e, nesse sentido, muitas idéias são desenvolvidas no modelo. Rem se desconcerta se elementos no modelo estão já colados no lugar, sugerindo finalização, embora eles ainda estejam em discussão. O modelo é a ferramenta na qual a soma de idéias são investigadas em suas mútuas influências e em relação ao contexto, com quais proporções e relações espaciais é testado.”
[OSWALD, HOLLWICH, 1998: p.07-08]⁴⁶

⁴⁶ *“Concept models are prepared from the usable ideas; often these models represent a direct translation of a diagram into the third dimension. (...) Forms occasionally arise out of translating a diagram into a concept model which is then seen also a concrete model with dimensions and proportions. (...) Rem loves models. He can touch them, take them in his hands, manipulate them. The working models can be changed, parts can be added or taken away and in this way many ideas are developed on the model. Rem put off if elements in the model are already glued in place, suggesting finality although they are still under discussion. The model is the tool in which the sum of the ideas are investigated in their mutual influences and in relation to the context, with which proportions and spatial interrelations are tested.”*
[OSWALD, HOLLWICH, 1998: p.07-08]

Na mesma direção, das seqüências diagramáticas abertas, Lars Spuybroek, utilizando um sistema diagramático de aproximação –com o qual procura reposicionar o processo

de projeto como uma série de ações sobre um meio visual - investiga as ordens e estruturas que organizam os movimentos no espaço. O que para ele difere seu procedimento com diagramas do trabalho de Greg Lynn sobre a transformação linear da forma e do escritório MVRDV sobre transformação interrelacionada de dados e eventos (conceito de “datascape”) em uma forma pré-determinada:

⁴⁷ “Because I’m interested in systems that are created and structured by change, for instance, liquid fluid systems. (...) Movement has to become structural; movement has to be structurally absorbed into a system. In all these diagramming techniques that I use, you see that the more flexibility is leaving the system the more structure is gained. That is why I’m resisting both the concept of ‘datascape’ and pure ‘animation form’ (...). With the first, information enters a preset form (often a cube); with the second all information is directly materialised as a form. I work much more with interaction between information and form. Basically I’m only interested in the structuring, the patterning effect in-between the two. That’s why I tend towards iterative processes, stepwise methodologies, because every time the form is changed it absorbs the information differently.” [SPUYBROEK, 20002: p.248]

“Porque eu estou interessado em movimento e mudança. Eu estou interessado em sistemas que são criados e estruturados pela transformação, por exemplo, de sistemas líquidos fluidos. (...) Movimento tem de tornar-se estrutural; movimento tem de ser estruturalmente absorvido em um sistema. Em todas estas técnicas diagramáticas que eu uso, você vê que quando a maior flexibilidade está deixando o sistema a maior estrutura é alcançada. É por isso que eu resisto simultaneamente ao conceito de ‘datascape’ e pura ‘animate form’ (...) Com o primeiro, a informação entra em uma forma pré-selecionada (muitas vezes um cubo); com o segundo toda a informação é diretamente materializada como uma forma. Eu trabalho muito mais com a interação entre informação e forma. Basicamente eu estou interessado apenas na estruturação, no efeito de modelagem entre os dois. É por isso que eu tendo em direção ao processo iterativo, a metodologias de procedimentos seqüenciais, porque cada vez que a forma é mudada ela absorve diferentemente a informação.” [SPUYBROEK, 2002: p.248] ⁴⁷

Uma seqüência diagramática aberta não-linear parece guardar mais similaridade com um processo de projeto efetivo em que um grande número de dados são manipulados no processo, pois este não se compõe de camadas unioperacionais estanques e subseqüentes, mas é aberto à inclusão de novos dados que surgem no e do processo, como a retroalimentação proveniente de operações realizadas. Uma seqüência diagramática aberta linear parece então, por contraposição, se colocar como uma pós-racionalização do processo. E, no limite, pode se aproximar de uma seqüência diagramática fechada, pois que, se não atinge um fim prognosticável que se referencia a um início tipológico, o percurso se estrutura em regras controladas sem a inclusão de interferências não previstas. Se no primeiro processo, o diagrama corresponde a uma rede, em que cada elemento pode ser conectado com todos os outros, no segundo remete a uma estrutura linear em que descontinuidades não são registradas.

Como ponderação crítica, em meio a um contexto de investigação de ações teóricas e operativas em projeto - que tem se constituído como um dos crescentes campos de pesquisa em Arquitetura, no qual inserem-se os diagramas - e de certa valoração de processos lógicos de projeto, a reconstrução de um processo *a posteriori* pode tornar-se a validação do objeto projetado. Por meio de certa racionalização de um processo de projeto que não se compõe de uma estrutura linear como a que se torna revelada, constrói-se uma “after-theory”, como expõe a seguir Patrik Schumacher, professor da

Architectural Association, em Londres, e arquiteto associado de Zaha Hadid:

"A documentação a posteriori e a racionalização deste processo tornam-se o meio para converter um experimento exploratório – com todos os saltos, limites e voltas – em um repertório profissional reproduzível. Por meio de tal reflexão o projeto se habilita a legitimar-se como um material de contribuição efetiva a determinado lugar mais do que como uma contribuição inovadora para a cultura da pesquisa arquitetônica... A emergente racionalidade deste processo, isto é, um método estruturado e reproduzível, pode somente ser reconstruído retrospectivamente cortando os finais mortos, curto-circuitando as voltas." [SCHUMACHER, 1999: p.1-3]⁴⁸

⁴⁸ *"The a posteriori documentation and rationalization of this process becomes the medium to convert and explorative experiment – with all its leaps, bounds and loops – into a reproducible professional repertoire. Through such reflection the project is able to legitimize itself as an effective material contribution to a given site as well as an innovative contribution to the culture of architectural research... The emergent rationality of this process, i.e. a structured, reproducible method, can only be reconstructed retrospectively by cutting the dead ends, short-circuiting the loops."* [SCHUMACHER, 1999: p.1-3]

fg322_24, fg322_25–
Piscinas Sloterpark–
MVRDV, 1994 –
seqüências
papirofléxicas,
seqüência de
construção e
perspectiva; modelo

O que acaba por tornar pertinente um dos questionamentos lançados na chamada de artigos para a revista de arquitetura alemã *UmBau* n.19, sob o tema “*Diagrams, Types, Algorithms*”, a guisa de fomentar reflexões,

⁴⁹ *“Is there a difference between reading and writing? In other words, can the notions of type, algorithm and diagram be more instrumental in the production of interpretations and analyses than in the production of artifacts?”* URL: http://www.aneta.at/oegfa/publikationen/UmBau/neu/UmBau_19_cfp_en.html

“Há diferença entre ler e escrever? Em outras palavras, podem as noções de tipo, algoritmo e diagrama ser mais instrumentais na produção de interpretações e análises que na produção de artefatos?” ⁴⁹

Em algumas exposições de projetos arquitetônicos em publicações especializadas certos diagramas mais do que responsáveis pela geração do projeto, compõem uma interpretação narrativa deste. Como a apresentação de obras do grupo holandês MVRDV que, com frequência, se faz por meio da associação de diagramas compostos por seqüências lineares de modelagens à projeções convencionais de representação de arquitetura – planta, cortes e elevações. Se por um lado, o objeto resulta de uma série de operações de homeomorfismo - corte, dobra e extensão – aplicadas a uma superfície plana que por elas vai sendo modelada, o movimento efetivo de idas e vindas do processo de homeomorfismo-concepção, de operações realizadas e posteriormente desfeitas, próprias de um processo de projeto, não são registradas. Os diagramas expostos parecem ser, então, estágios de um processo maior e mais difuso que, pós-projeto, se mostraram como aqueles que indicaram para a resolução final. Dentre os projetos assim representados podem ser destacados as Piscinas Sloterpark (1994), a Villa KBWW (1995) e a Igreja em Barendrecht (1997).

O diagrama como reconstrução do processo, como leitura de projeto, configura-se então como uma nova construção, do processo de projeto e de seus elementos formadores. Tanto em construção quanto em reconstrução de um processo, as limitações ou horizontes de seu uso mostram-se co-dependentes das intenções que movem este mesmo uso. Ao centrar-se na edição e registro de material propositivo/retrospectivo, pode confirmar – ou criar - interdependências estritas entre processo e produto. Ao focar-se em sua porção exploratória, característica fundante de um diagrama propositivo/prospectivo pode se efetivar como contribuição à pesquisa arquitetônica em direção à investigação de conexões diversas entre processos de pensamento, ações projetuais e objetos arquitetônicos.

A introdução em Arquitetura da investigação de diagramas como meios simultaneamente operativos e representacionais que permitem a estruturação de narrativas de (re)construção do objeto em seqüências transformacionais abertas, participa da busca da disciplina por maior compreensão dos processos heurísticos em projeto e maior visualização – no tempo - dos processos de conformação espacial com que estão interrelacionados.

fg4_01, fg4_02 – plano/superfície, homeomorfismo – prototipagem rápida. David Sperling

#4

considerações finais

considerações finais

Reflexões humanísticas, descobertas científicas de outros campos do conhecimento e desenvolvimentos tecnológicos exteriores à Arquitetura historicamente instrumentalizam a disciplina com referências conceituais e imagéticas. A Topologia, entre as exterioridades arquitetônicas mais referenciadas na contemporaneidade, tem sido vinculada à algumas temáticas recorrentes que inegavelmente tem transformado o panorama da pesquisa de vanguarda no tocante a processos de projeto e espacialidades arquitetônicas. Neste cenário, são seis as recorrências que o trabalho identifica: forma e estrutura - a modelagem algébrica; continuidade espacial - a modelagem geométrica; a continuidade espacial - a teoria dos grafos; arquitetura, concreta e virtual - as 3+n dimensões espaciais; arquitetura, mutável e efêmera - o evento; metarquitectura - o procedimento projetual por diagramas.

Ao ser introduzida em Arquitetura, por meio da concepção de diagrama processual topológico, sendo o diagrama um possível denominador das recorrências, requer a reconsideração de alguns paradigmas que cotidianamente conformam a disciplina arquitetônica - como a permanência, o fixo e estático. E conflui, criticamente em alguns aspectos, na direção de reconsiderações propostas por alguns arquitetos contemporâneos de referência. Este trabalho, longe de ser conclusivo a respeito de novas definições arquitetônicas a partir da aproximação com a Topologia, objetiva a compreensão de um meio operativo-representacional de projeto que lança outros paradigmas de qualificação espacial.

A construção do conceito de diagrama de modo interdisciplinar, desde as Ciências Cognitivas até a Lógica, considera a Topologia como última camada que, aos caracteres relacional, analógico e icônico do conceito, adiciona o caráter processual investigativo e representativo de relações espaciais característico de um processo de modelagem topológico. O diagrama processual topológico em Arquitetura instrumentaliza a articulação das operações mentais inerentes ao processo de projeto - as quais são investigadas pelas Ciências Cognitivas, a saber memória, imaginação, percepção, navegação ou senso de orientação, inferência e resolução de problemas - por meio de signos icônicos, que mantêm relações de similaridade com as transformações espaciais.

A noção de diagrama processual topológico, composta por três instâncias, *trans*-diagramas, *intra*-diagramas e *inter*-diagramas que operam três variáveis, pensamento, espaço e tempo, apresenta-se para a Arquitetura como um meio operativo-representacional fundamentalmente de relações espaciais estruturais que são as bases topológicas de interpretação/significação/percepção/uso dos espaços arquitetônicos.

Se a noção corrente em Arquitetura Contemporânea de diagrama provê a inserção do tempo e do movimento (espaço no tempo) como variáveis de um processo projetual, a consideração integral do diagrama processual topológico em Arquitetura transfere as duas variáveis, tempo e movimento, das transformações formais do objeto arquitetônico para a investigação dos aspectos espaciais não referentes à forma, a topologia do objeto.

A leitura crítica de arquitetos de referência associada à apresentação de conceitos da Topologia realizada por este trabalho evidencia que a consideração corrente de transformações formais ao invés das invariâncias espaciais sob transformações formais é, sem dúvida, a maior defasagem na interpretação da Topologia realizada por arquitetos. O que termina por influenciar não só a produção de arquitetura mas especificamente, a conceituação de um processo diagramático “baseado” em diagramas topológicos que objetiva apenas explorações formais e não se ocupa de organizações espaciais.

Ao centrar-se nas organizações espaciais, o diagrama processual topológico, pede a reconsideração da valoração do aspecto formal da arquitetura em detrimento de seu aspecto espacial. Como meio de projeto que investiga relações espaciais, o diagrama processual topológico posiciona o aspecto formal da arquitetura sob seu aspecto espacial, alterando conseqüentemente as bases da concepção espacial, da ação de projeto e de interpretação/significação/percepção/uso dos espaços arquitetônicos para o que lhes é específico, tanto do diagrama quanto do processo de projeto, o manejo do espaço - mais que a especulação da forma.

A imbricação das variáveis do pensamento, do espaço e do tempo no diagrama processual topológico, por meio da construção de uma topologia análoga à topologia do objeto, ao borrar as fronteiras entre representação e objeto, poderia ainda conduzir como pesquisa em arquiteturas virtuais, à investigação do habitar o diagrama ou ainda, à incorporação pelo espaço, como um diagrama processual topológico, dos movimentos e dos fluxos de pensamento-existência do arquiteto-habitante.

O binômio “ação e substância”, paradigma identificado por Somol [SOMOL, 1999: p.55, 73] no processo de trabalho de Eisenman e que é extensivo às pesquisas de vanguarda em Arquitetura que visam a incorporação do movimento remonta, originalmente, ao matemático e filósofo Alfred North Whitehead, co-autor de Bertrand Russell em *Principia Mathematica*. Em sua obra-prima *Process and Reality (Processo e Realidade)*, de 1929, apresenta os conceitos de *substância* e *processo* como categorias metafísicas básicas do mundo e introduz a noção de ocasião atual (*actual occasion*) como um processo de constituição (*process of becoming*) e não como uma substância permanente (*enduring substance*). Considera, a partir deste conceito, que os objetos

não são simples locações espaciais, mas campos que têm extensões temporais e espaciais, como uma série de eventos e processos em direta relação com uma substância.

Sob este mote, o que a noção de diagrama processual topológico fundamentalmente favorece e evidencia em Arquitetura é a dimensão dinâmica que compõe uma concepção/obra arquitetônica. Antes de uma situação fixa de existência é um processo de constituição de pensamentos em pensamentos, pensamentos em arquiteturas, arquiteturas em arquiteturas. Instâncias que têm uma dimensão heurística, espacial e temporal. Substância e processo. *Trans, intra, inter*-diagramas.

[Arquiteturas contínuas e topologia: similaridades em processo.

1. Aproximação entre os dois campos que se processa contemporaneamente ; 2. Processos similares de modelação do objeto; 3. Uso de similaridades - iconicidade - em processo de concepção.]

#5

whitehead
tsipis
costa
2em
é referências
carter

referências

iconografia

introdução

- fg0_01 – plano/superfície, homeomorfismo – prototipagem rápida. David Sperling
modelo prototipado no Laboratório de Desenvolvimento do Produto do Centro de
Pesquisas Renato Archer – Campinas, SP, fotografia por Luciano Costa e pelo autor
- fg0_02 – plano/superfície, homeomorfismo – prototipagem rápida. David Sperling
modelo prototipado no Laboratório de Desenvolvimento do Produto do Centro de
Pesquisas Renato Archer – Campinas, SP, fotografia por Luciano Costa e pelo autor

capítulo 1

- fg01 - Atrator de Lorenz - Edward Norton Lorenz
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i
Prat, 1999. p.153.
- fg12_01– sequência DNA
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i
Prat, 1999. p.153.
- fg12_02- Iteração de uma mesma forma geométrica/perfil de manhattan
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i
Prat, 1999. p.110-111.
- fg12_03 –Ligações termodinâmicas em Sólidos-Mecânica de Fraturas, Caos, Sistema de funções
iterativas não-lineares, Fractal
<http://www.chaos.cornell.edu/>
<http://www.cg.tuwien.ac.at/research/vis/dynsys/NDimViewer/>
<http://www.webcom.com/duane/fract.html>
- fg12_04 –Sistemas dinâmicos de altas dimensões
<http://www.cg.tuwien.ac.at/research/vis/dynsys/NDimViewer/>
- fg12_05 –Organização em uma gota de leite. Darcy Thompson (*On Growth and Form*, 1917)
<http://www.eng.vt.edu/fluids/msc/gallery/misc/crown.htm>
<http://www.math.toronto.edu/~drorbn/Gallery/Misc/MilkDrops/>
- fg12_06 – Galeria das Máquinas, Paris. 1998. Victor Constantin e Fernidand Dutert.
ARGAN, Giulio Carlo. *Arte Moderna*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992. p.87.
- fg12_07 - Projeto para Cenotáfio de Newton. 1780. Étienne-Louis Boullée
ARGAN, Giulio Carlo. *Arte Moderna*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992. p.37.

- fg12_08 - Casa dos Guardas Campestres em Maupertuis. 1780. Claude-Nicolas Ledoux
 ARGAN, Giulio Carlo. *Arte Moderna*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992. p.38.
- fg12_09 – Arquitetura das dunas. Erich Mendelsohn
 ZEVI, Bruno. *Erich Mendelsohn*. Barcelona: Gustavo Gili, 1996. Coleção Studiopaperback. p.37.
- fg12_10 – Torre Einstein, Potsdam. 1919-23. Erich Mendelsohn
 ARGAN, Giulio Carlo. *Arte Moderna*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992. p.250.
- fg12_11 – Capela de Capela de Nôtre-Dame-du-Haut, Ronchamp. 1950-53. Le Corbusier.
 ARGAN, Giulio Carlo. *Arte Moderna*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992. p.389.
- fg12_12 - Desenhos Pavilhão Philips Exposição Universal . 1957 . Bruxelas. Le Corbusier
 BOESINGER, Willy. *Le Corbusier*. Barcelona: Gustavo Gilli, 1985. p.128.
- fg12_13 - Pavilhão Philips Exposição Universal . 1957 . Bruxelas. Le Corbusier
 BOESINGER, Willy. *Le Corbusier*. Barcelona: Gustavo Gilli, 1985. p.129.
- fg 12_14 - Endless House (maquete) . Frederick Kiesler
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espiraes, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 96.
- fg 12_15 - Endless House (desenhos p/ exposição no MOMA, 1959) . Frederick Kiesler
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espiraes, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 99.
- fg12_16 – Rede de Paragens Padrão (1914) Marcel Duchamp – óleo e lápis s/ tela
 MINK, Janis. *Duchamp*. Köln: Taschen, 1996. p.48.
- fg 12_17- Endless House (protótipo) . Frederick Kiesler
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espiraes, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 100.
- fg 1.2_18 - superfície de Boy
 HILBERT, D., COHN-VOSEN, S. *Geometry and the Imagination*. New York: Chelsea Publishing Company, 1952.p.320
- fg 12_19 - superfície de Boy
 HILBERT, D., COHN-VOSEN, S. *Geometry and the Imagination*. New York: Chelsea Publishing Company, 1952.p.320
- fg 12_20 - superfície de Boy
 HILBERT, D., COHN-VOSEN, S. *Geometry and the Imagination*. New York: Chelsea Publishing Company, 1952.p.321
- fg 12_21 - Construção Dinâmica. 1947. Anton Pevsner.Estanho oxidado sobre masonite.
 ARGAN, Giulio Carlo. *Arte Moderna*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992. p.451.
- fg12_22 - Construção no espaço. O cristal. 1937. Naum Gabo. Perpex.
 ARGAN, Giulio Carlo. *Arte Moderna*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992. p.452.
- fg12_23 – Unidade Tripartida. 1948-49. Max Bill
<http://www.icmc.sc.usp.br/~walmarar/artmat/maxbill.html>
- fg12_24 – Unidade Tripartida. 1948-49. Max Bill
<http://www.icmc.sc.usp.br/~walmarar/artmat/maxbill.html>

- fg131_01 - Cúpula Geodésica do Pavilhão norte-americano na Exposição Universal de Montreal. 1967. Richard Buckminster Fuller
 ARGAN, Giulio Carlo. *Arte Moderna*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992. p.282.
- fg131_02 - Aeroporto Internacional, Denver. 1994. Horst Berger.
 Revista Arquitetura Têxtil, 2001, p.11.
- fg131_03 - Museu Guggenheim Bilbao. Frank Gehry. Modelo em computador.
 See how IBM modeling tools helped build Spain's new Guggenheim Museum in: <http://www.ibm.com/news/1997/10/ls971013.html>
- fg131_04 - Museu Guggenheim Bilbao. Frank Gehry. Vista externa.
 Revista El Croquis Frank Gehry
- fg131_05 - Museu Guggenheim Bilbao. Frank Gehry. Modelo em computador.
 See how IBM modeling tools helped build Spain's new Guggenheim Museum in: <http://www.ibm.com/news/1997/10/ls971013.html>
- fg131_06 - Museu Guggenheim Bilbao. Frank Gehry. Vista externa.
 Revista El Croquis Frank Gehry
- fg131_07 - Museu Guggenheim Bilbao. Frank Gehry. Modelo virtual e concreto.
 Revista El Croquis Frank Gehry
- fg131_08 - Max Reinhardt Haus.1992. Peter Eisenman. modelo
 SOMOL, R.E. *Peter Eisenman Diagram Diaries*. London: Thames & Hudson, 1999. p.232.
- fg131_09 - Max Reinhardt Haus.1992. Peter Eisenman. diagramas
 SOMOL, R.E. *Peter Eisenman Diagram Diaries*. London: Thames & Hudson, 1999. p.142.
- fg131_10 - BFL Software Ltd. Headquarters Building. 1996. Peter Eisenman. modelo
 SOMOL, R.E. *Peter Eisenman Diagram Diaries*. London: Thames & Hudson, 1999. p.234.
- fg131_11 - Staten Island Institute of Arts and Sciences .1997. Peter Eisenman. modelo
 SOMOL, R.E. *Peter Eisenman Diagram Diaries*. London: Thames & Hudson, 1999. p.236.
- fg132_01 Bibliothèques Jussieu. 1992 . Paris, França . OMA - maquete e diagrama
 KOOLHAAS, Rem, MAU, Bruce. *S,M,X,XL*, Amsterdam: Evergreen, 1997, p.1312-1313.
- fg132_02 - Parkhouse, Amsterdam. 1996. NL Architects
 Revista *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme*. Loops/Bucles. Barcelona: Font i Prat, 1999.encarte.
- fg132_03 - Yokohama Terminal. 1995. FOA
 Revista *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme*. Loops/Bucles. Barcelona: Font i Prat, 1999.encarte.
- fg132_04 - Dobraduras – Albers, Bauhaus
 WHITFORD, Frank. *Bauhaus*. London: Thames and Hudson, 1984.p.135.
- fg132_05 - Azadi Multiplex Cinema. Teerã, Irã. 1997. FOA
 Revista *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme*. Topografias Operativas. n.220. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 41.
- fg132_06 - Topografical Overpass. Atlanta, EUA. 1994. Kelly Shannon
 Revista *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme*. Topografias Operativas. Barcelona: Font i Prat, 1999. n.220, p.51.

- fg132_07 - Estádio Töölö - Ocean NO+UV
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Spirals/Espiraes, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 37.
- fg132_08 – El Águila - Soriano-Palacios
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. n .219. Barcelona: Font i Prat, p.81.
- fg133_01 - Passagem do organograma para a planta arquitetônica
PELLEGRINO, Pierre, CORAY, Daniel et al. *Arquitectura e Informática*. Barcelona: Gustavo Gili, 1999, p.75.
- fg133_02 – Grafo – sistema e subsistema de variáveis em design– Christopher Alexander
ALEXANDER, Christopher. *Notes on Synthesis of Form*. Cambridge: Harvard University Press, 1964. p. 65.
- fg133_03 – Grafo – Pattern de interações urbanas – Christopher Alexander
ALEXANDER, Christopher. *Notes on Synthesis of Form*. Cambridge: Harvard University Press, 1964. p.153.
- fg133_04 – Grafo – Interações entre campus universitário e cidade, Cambridge– Christopher Alexander
ALEXANDER, Christopher. *La estructura del medio ambiente*. Barcelona: Tusquets, 1971. p. 43.
- fg133_05 – Diferenciação territorial – Herman Hertzberger
HERTZBERGER, Herman. *Lições de Arquitetura*. São Paulo: Martins Fontes, 1996. p.21.
- fg133_06 – Limites abertos e encerrados
CONSIGLIERI, Victor. *A Morfologia da Arquitetura 1920-1970*. Lisboa: Estampa, 1995. p.176.
- fg133_07 – Comunicabilidades topológicas
CONSIGLIERI, Victor. *A Morfologia da Arquitetura 1920-1970*. Lisboa: Estampa, 1995. p.197.
- fg133_08 – Tradução de uma planta em grafo
PELLEGRINO, Pierre, CORAY, Daniel et al. *Arquitectura e Informática*. Barcelona: Gustavo Gili, 1999. p.71.
- fg133_09 – Modelo, contexto e possibilidades a partir de Palladio
PELLEGRINO, Pierre, CORAY, Daniel et al. *Arquitectura e Informática*. Barcelona: Gustavo Gili, 1999. p.80.
- fg134_01 - Pavilhão da Exposição “Realscape in Quicktime” . Un Studio (Berkel & Bos)
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espiraes, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 37.
- fg134_02 – Hypersurfaces Panel Studies. Stephen Perrela.
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.48.
- fg134_03 – Möbius House: Hyperurban Architecture. Stephen Perrela.
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.46.

- fg134_04 – The Institute for Electronic Clothing. Stephen Perrela.
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.52.
- fg134_05 – Data-Driven Forms. Marcos Novak.
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.130.
- fg134_06 – Data-Driven Forms. Marcos Novak.
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.130.
- fg134_07 – Data-Driven Forms. Marcos Novak.
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.130-31.
- fg134_08 – Variable Data Forms. Marcos Novak.
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.132.
- fg135_01 – “Part 4: The Block” from The Manhattan Transcripts.
TSCHUMI, Bernard. *Architecture and Disjunction*. Cambridge: MIT Press, 1996. p. 150.
- fg135_02 - FreshH2O eXPO. Nox-Lars Spuybroek. Interior.
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espiraes, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p.108.
- fg135_03 - FreshH2O eXPO. Nox-Lars Spuybroek. Exterior e interior.
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.118.
- fg135_04 - Saltwater Pavillion. Kas Oosterhuis. Exterior.
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.78.
- fg135_05 - Saltwater Pavillion. Kas Oosterhuis. Interior.
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.79.
- fg135_06 – V2_Lab. Nox-Lars Spruybroek. vista
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.125.
- fg135_07 – Embryo House. Instalação de peças de resina. Greg Lynn.
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.138.
- fg135_08 – Embryo House. Modelo Virtual. Greg Lynn.
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.140.
- fg136_01 - Singularidade H₂ de David Mond. 1993. Washington L. Marar
<http://www.icmc.sc.usp.br/~walmarar>
- fg136_02 - Virtual House. 1997. FOA
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Topografias Operativas. n.220,. Barcelona: Font i Prat, 1999. p.42.

fg 136_03 - Snake House – Dirk Alten

Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. n.219. Barcelona: Font i Prat, 102.

fg136_04 - Très Grand Bibliothèque, Paris, França, Concurso, 1989. OMA

KOOLHAAS, Rem, MAU, Bruce. S,M,X,XL. Amsterdam: Evergreen, 1997. p. 658-659.

fg136_05 - Pavilhão Suíço na Expo Hannover 2000. Jauslin-Vehovar

Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 70.

fg136_06 - Pavilhão Suíço na Expo Hannover 2000. Jauslin-Vehovar. diagramas

Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 70.

fg136_07 – Ferramentas formais – Peter Eisenman

SOMOL, R.E. *Peter Eisenman Diagram Diaries*. London: Thames & Hudson, 1999.

fg136_08 – Fireworks for la Vilette, Paris. 1991.

TSCHUMI, Bernard. *Architecture and Disjunction*. Cambridge: MIT Press, 1996. p. 268.

fg136_09 – Parc la Vilette: Programmatic deconstruction: the largest common denominator = the folie.

TSCHUMI, Bernard. *Architecture and Disjunction*. Cambridge: MIT Press, 1996. p. 170.

capítulo 2

fg2_- Material Elastômero

Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Loops/Bucles. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 01.

fg2.1.1_01 – Desenhar, litografia, 1948 – M.C. Escher

ERNST, Bruno. O espelho mágico de M.C. Escher. Köln: Taschen, 1978. p. 26.

fg212_01 – Alfabeto universal, Bauhaus, 1926 – Herbert Bayer

BRITO, Ronaldo. Neoconcretismo. Vértice e ruptura do projeto construtivo brasileiro. São Paulo: Cosac & Naify, 1999, p.20.

fg212_02 – Bicho . alumínio, 60cm – Ligia Clark

BRITO, Ronaldo. Neoconcretismo. Vértice e ruptura do projeto construtivo brasileiro. São Paulo: Cosac & Naify, 1999, p.91.

fg212_03 – Locomoção Humana, Chapa 616, 1887 – Eadweard Muybridge

MINK, Janis. *Duchamp*. Köln: Taschen, 1996. p.27.

fg212_04 – Duchamp Descendo uma escada – Elliot Elisofon

MINK, Janis. *Duchamp*. Köln: Taschen, 1996. p.27.

fg212_05 – Nu descendo uma escada (n.2), 1912 – Marcel Duchamp

MINK, Janis. *Duchamp*. Köln: Taschen, 1996. p.26.

fg212_06 - Fita de Möbius

figura do autor

fg212_07 - Fita de Möbius por Hilbert

HILBERT, D. COHN-VOSSSEN, S. *Geometry and the imagination*. New York: Chelsea, 1952.

fg212_08 – House 11a. 1978 – Peter Eisenman

SOMOL, R.E. *Peter Eisenman Diagram Diaries*. London: Thames & Hudson, 1999. p. 74, 220.

fg213_01 – Mão com esfera refletora, litografia, 1934 – M.C. Escher
 ERNST, Brun.– O espelho mágico de M.C. Escher. Köln: Taschen, 1978. p.74.

fg214_01 – Reta e parábola
 figura do autor

fg214_02 – Diagramas de Euler
 desenho do autor com base em [SEP] Stanford Encyclopedia of Philosophy. URL: <http://plato.stanford.edu/entries/diagrams>

fg214_03 – Diagramas de Euler
 desenho do autor com base em [SEP] Stanford Encyclopedia of Philosophy. URL: <http://plato.stanford.edu/entries/diagrams>

fg214_04 – Diagramas de Euler
 desenho do autor com base em [SEP] Stanford Encyclopedia of Philosophy. URL: <http://plato.stanford.edu/entries/diagrams>

fg214_05 – Diagramas primários de Venn
 desenho do autor com base em [SEP] Stanford Encyclopedia of Philosophy. URL: <http://plato.stanford.edu/entries/diagrams>

fg214_06 – Diagramas de Venn
 desenho do autor com base em [SEP] Stanford Encyclopedia of Philosophy. URL: <http://plato.stanford.edu/entries/diagrams>

fg214_07 – Diagramas de Peirce
 desenho do autor com base em [SEP] Stanford Encyclopedia of Philosophy. URL: <http://plato.stanford.edu/entries/diagrams>

fg221_01 - pontes de Königsberg e a representação em grafos
 MARCH, Lionel, STEADMAN, Philip. *The Geometry of Environment*. London: Methuen & Co, 1971. p.242.

fg221_02 – grafo completo
 figura do autor

fg221_03 – grafo completo bipartido
 figura do autor

fg221_04 – subgrafo
 figura do autor

fg221_05 – grafo mergulhado
 figura do autor

fg221_06 – grafos mergulhados na Fita de Möbius
 figura do autor

fg221_07 – grafos isomorfos
 figura do autor

fg221_08 – grafos homeomorfos
 figura do autor

fg222_01 – Geometrias Euclidiana e não-Euclidiana
 figura do autor

- fg222_02 - Material Elastômero
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Loops/Bucles. Barcelona: Font i Prat, 1999.
p. 02.
- fg222_03- A cobra e o elefante I
SAINT-EXUPÉRY, Antoine de. "Le Petit Prince". Paris: Gallimard, 1946. In: *Revista ElCroquis*.
Barcelona: El Croquis Editorial, 1994, n.65/66.p.42.
- fg222_04 - A cobra e o elefante II
SAINT-EXUPÉRY, Antoine de. "Le Petit Prince". Paris: Gallimard, 1946. In: *Revista ElCroquis*.
Barcelona: El Croquis Editorial, 1994, n.65/66.p.43.
- fg222_05– Congruência de regiões geométricas
figura do autor
- fg222_06 – Proximidade
figura do autor
- fg222_07 – Desconexão
figura do autor
- fg222_08 – Continuidade
figura do autor
- fg222_09 – Conectividade por Caminhos
figura do autor
- fg222_10 – Superfície
figura do autor
- fg222_11– Topologia intrínseca/extrínseca
figura do autor
- fg222_12– Geometria intrínseca/extrínseca
figura do autor
- fg222_13 – Hipersuperfície
figura do autor
- fg222_14 – Mergulho
figura do autor
- fg222_15 – Nó 10_{70} "as rope"
URL: <http://www.pims.math.ca/knotplot/various/rayt.html>
- fg222_16 – Nó 10_{70} "as rope"
URL: <http://www.pims.math.ca/knotplot/knot-theory/twist-spun-knot.html>
- fg222_17 – Nó Trefoil
SAMPAIO, João. Introdução à Topologia das Superfícies - XXII Encontro Brasileiro de Topologia/UFF. São Carlos: UFSCar, 2000. p. 04.
- fg222_18 – Nó Trefoil – prototipagem rápida
modelo prototipado no Laboratório de Desenvolvimento do Produto do Centro de Pesquisas Renato Archer – Campinas, SP, fotografia por Luciano Costa e pelo autor
- fg222_19 – Quarta Dimensão
figura do autor
- fg222_20 – Hipercubo
figura do autor

- fg222_21 – Homeomorfismo
CARTER ,J. Scott. *How surfaces intersect in space: an introduction to topology*, World Scientific, Second edition, 1995. p. 28.
- fg222_22 - Diagramas de nós - homeomorfismos
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 79.
- fg222_23 – plano/superfície, homeomorfismo – prototipagem rápida
design pelo autor, modelo prototipado no Laboratório de Desenvolvimento do Produto do Centro de Pesquisas Renato Archer – Campinas, SP, fotografia por Luciano Costa e pelo autor
- fg222_24 – plano/superfície, homeomorfismo – prototipagem rápida
design pelo autor, modelo prototipado no Laboratório de Desenvolvimento do Produto do Centro de Pesquisas Renato Archer – Campinas, SP, fotografia por Luciano Costa e pelo autor
- fg222_25 – Deformações que alteram topologia
CARTER ,J. Scott. *How surfaces intersect in space: an introduction to topology*, World Scientific, Second edition, 1995. p. 12
- fg222_26 – Soma Conexa
figura do autor
- fg222_27 – Identificação
figura do autor
- fg222_28 - Reidemeister Moves
CARTER ,J. Scott. *How surfaces intersect in space: an introduction to topology*, World Scientific, Second edition, 1995. p. 206.
- fg222_29 - Roseman, Homma-Nagase Moves
CARTER ,J. Scott. *How surfaces intersect in space: an introduction to topology*, World Scientific, Second edition, 1995. p. 222.
- fg222_30 – “Movie” do toro
CARTER ,J. Scott. *How surfaces intersect in space: an introduction to topology*, World Scientific, Second edition, 1995. p. 92.
- fg222_31 – “Movie” da Garrafa de Klein
CARTER ,J. Scott. *How surfaces intersect in space: an introduction to topology*, World Scientific, Second edition, 1995. p. 95.
- fg222_32– Superfície orientável/não-orientável
figura do autor
- fg222_33 – Disco
figura do autor
- fg222_34 – Esfera
figura do autor
- fg222_35 – Toro Genus 1, 2, 3
SAMPAIO, João. *Introdução à Topologia das Superfícies - XXII Encontro Brasileiro de Topologia/UFF*. São Carlos: UFSCar, 2000. p. 11.

- fg222_36 – Faixa de Möbius - diagrama
figura do autor
- fg222_37 – Faixa de Möbius
modelo prototipado no Laboratório de Desenvolvimento do Produto do Centro de Pesquisas Renato Archer – Campinas, SP, fotografia por Luciano Costa e pelo autor
- fg222_38 – Faixa de Möbius
modelo prototipado no Laboratório de Desenvolvimento do Produto do Centro de Pesquisas Renato Archer – Campinas, SP, fotografia por Luciano Costa e pelo autor
- fg222_39 – Garrafa de Klein - diagrama
HILBERT, D., COHN-VOSSSEN, S. *Geometry and the Imagination*. New York: Chelsea Publishing Company, 1952.p.308-310
- fg222_40 – Garrafa de Klein
BOURKE, Paul. Klein Bottle. URL: <http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/geometry/klein/>
- fg222_41 – Garrafa de Klein (outra parametrização)
BOURKE, Paul. Klein Bottle. URL: <http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/geometry/klein/>
- fg222_42– Plano Projetivo
figura do autor
- fg222_43– Superfície de Boy
BOURKE, Paul. Klein Bottle. URL: <http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/geometry/boy/>
- fg222_44– Superfície Romana
URL: <http://mint.ms.u-tokyo.ac.jp/models/KummerRoman.html>
- fg222_45– Cross Cap
BOURKE, Paul. Klein Bottle. URL: <http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/geometry/crosscap/>
- fg222_46– Guarda-chuva de Whitney
figura do autor
- fg222_47– Operações e relações de equivalência entre as superfícies
figura do autor
- fg222_48 – Homeomorfismo de um toro em uma caneca
http://www.ds.arch.tue.nl/education/courses/7m690/QuoteZone/Lynn/Lynn_ani.stm
- fg222_49 – Transformação de uma Fita de Möbius em uma Garrafa de Klein
http://www.ds.arch.tue.nl/education/courses/7m690/QuoteZone/Lynn/Lynn_ani.stm
- fg222_50 – Sequência da Garrafa de Klein e partição em 2 Faixas de Möbius
HILBERT, D., COHN-VOSSSEN, S. *Geometry and the Imagination*. New York: Chelsea Publishing Company, 1952.p.308-310
- fg222_51 – Diagrama processual
CARTER, J. Scott. *How surfaces intersect in space: an introduction to topology*, World Scientific, Second edition, 1995. p. 19.
- fg222_52 – Diagrama Plano
figura do autor
- fg222_53 - V&A Museum, Londres. 1999. Daniel Libeskind. diagrama plano
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Loops/Bucles. Barcelona: Font i Prat, 1999.
Contracapa

- fg222_54 - V&A Museum, Londres. 1999. Daniel Libeskind. diagrama processual
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Loops/Bucles. Barcelona: Font i Prat, 1999.
p.56.
- fg222_55 - V&A Museum, Londres. 1999. Daniel Libeskind, maquete
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Loops/Bucles. Barcelona: Font i Prat,
1999.encarte.
- fg222_56 – Conformação final, diagrama plano e *palavra* das superfícies fechadas
figura do autor

capítulo 3

- fg3_01 – Nó Trefoil – prototipagem rápida
modelo prototipado no Laboratório de Desenvolvimento do Produto do Centro de
Pesquisas Renato Archer – Campinas, SP, fotografia por Luciano Costa
- fg31_01 – Hans Schmitz Haus (Glas Pavillion), Alemanha, 2001 – Jörg Hieber e Jürgen Marquardt
Revista Glass Today. Milão: Elsevier. Abril, 2002, p. 62.
- fg31_02 – Villa Savoye, 1928-31 – Le Corbusier
Guia da 4. Bienal Internacional de Arquitetura de São Paulo. São Paulo: Prolivros, 1999,
p11.
- fg31_03 – Estudos de Fachadas, 1977 – Robert Venturi
STROETER, Rodolfo. *Arquitetura & Teorias*. São Paulo: Nobel, 1986, p. 202.
- fg31_04 – Ampliação do Museu Judaico de Berlim – Daniel Libeskind
Revista Arquitetura & Urbanismo. São Paulo: Pini. n.36, jun/jul 1991, p.53.
- fg31_05 - Bibliothèques Jussieu. 1992 . Paris, França . OMA. Modelo eletrônico.
Revista ElCroquis. Rem Koolhaas. N.79, 1996. p.136.
- fg31_06 - Virtual House. 1997. FOA
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Topografias Operativas. n.220,. Barcelona:
Font i Prat, 1999. p.42.
- fg31_07 - Möbius House- vista externa
Architecture and Urbanism A+U. Rem & Ben. Tokyo: A+U, 1999:03. n.109.
- fg31_08 - Möbius House- vista externa
Architecture and Urbanism A+U. Rem & Ben. Tokyo: A+U, 1999:03. n.109.
- fg31_09 - Möbius House- diagrama de tempo/espço
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espiraes, n.222. Barcelona: Font i
Prat, 1999. p. 76.
- fg31_10 - Möbius House- diagrama de tempo/espço
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espiraes, n.222. Barcelona: Font i
Prat, 1999. p. 84-85.
- fg31_11 - Möbius House- planta pavimento inferior
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espiraes, n.222. Barcelona: Font i
Prat, 1999. p. 89.

- fg31_12 - Möbius House- planta térreo
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 89.
- fg31_13 - Möbius House- planta 2. pavimento
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 89.
- fg31_14- Möbius House- planta cobertura
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 89.
- fg31_15 - Möbius House (maquete). 1993. Holanda. Ben van Berkel
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 83.
- fg31_16 - Möbius House- diagrama
Architecture and Urbanism A+U. Rem & Ben. Tokyo: A+U, 1999:03. n.106.
- fg31_17 - Möbius House- vista interna
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 91.
- fg31_18 - Möbius House- vista interna
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 91.
- fg31_19- Möbius House- vista interna
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 90.
- fg31_20 - Möbius House- vista interna
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 90.
- fg32_01 – Homem Vitruviano – “*De Divina Proportione*” - Leonardo da Vinci
<http://jwilson.coe.uga.edu/EMT668/EMAT6680.2001/Youn/EMAT6690/Essay%201/Goldenratio%20in%20Art%20.html>
- fg32_02 – seção áurea
http://www.vicenzoberti.com.br/ararangua/a_forma.htm
- fg32_03 - cone flowers
<http://www.mcs.surrey.ac.uk/Personal/R.Knott/Fibonacci/fibnat.html#petals>
- fg32_04 - pinha
<http://www.mcs.surrey.ac.uk/Personal/R.Knott/Fibonacci/fibnat.html#petals>
- fg32_05 – Modulor. Le Corbusier
<http://www.mat.uel.br/geometrica/4tarq.htm>
- fg32_06 – Modulor. Le Corbusier
<http://www.mat.uel.br/geometrica/4tarq.htm>
- fg32_07 - Tatami
<http://www.swift.com/apase/charlotte/@A4.html>
- fg32_08 - De um grafo, duas plantas
PELLEGRINO, Pierre, CORAY, Daniel et al. *Arquitetura e Informática*. Barcelona: Gustavo Gili, 1999, p.75.

- fg32_09 – Esquema Construtivo da Maison Dom-ino. Le Corbusier. 1914
 ARGAN, Giulio Carlo. *Arte Moderna*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992. p.267.
- fg32_10 – Metablobs. Greg Lynn
 ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 142.
- fg32_11 - DreamHouse- esquemas de circulação
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme, Spirals/Espirales, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 82.
- fg32_12 - Port Authority Gateway. Greg Lynn. Simulações de movimentos
 ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 148.
- fg32_13 - V2_Lab. Nox-Lars Spuybroek. Diagrama de movimentos
 ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 122.
- fg32_14 - 2 Bibliothèques Jussieu. 1992 . Paris, França . OMA - diagramas
 KOOLHAAS, Rem, MAU, Bruce. *S,M,X,XL*. Amsterdam: Evergreen, 1997, p.1310-1311.
- fg32_15 - Très Grande Bibliothèque, Paris, França, Concurso, 1989. OMA
 KOOLHAAS, Rem, MAU, Bruce. *S,M,X,XL*. Amsterdam: Evergreen, 1997. p. 658-659.
- fg321_01 – A Fortaleza – habitações e escritórios, Céramique – croquis – Mario Botta
Revista Óculum. Campinas: FAU-Puccamp, nov. 1997. n.10-11, p.79.
- fg321_02 – Diagrama de conexões, Conjunto habitacional – Moshe Safdie
Revista Óculum. Campinas: FAU-Puccamp, abr. 1996. n.7-8, p.55.
- fg321_03 – Diferentes estudos volumétricos/tipológicos para habitações – Neutelings & Riedijk
Revista El Croquis Neutelings & Riedijk. n.94. Barcelona, 1999. p.11.
- fg321_04 – Ampliação do Instituto da Ciência de Cranbrook, diagrama de Atrator de Lorenz – Steven Holl
Revista El Croquis Steven Holl. n. 78. Barcelona, 1996, p.173.
- fg321_05 – Ampliação do Instituto da Ciência de Cranbrook, maquete – Steven Holl
Revista El Croquis Steven Holl. n. 78. Barcelona, 1996, p.173.
- fg322_01 – Folded and Unfold Strip, Centro Urbano Leidschenveen, 1997 – MVRDV
Revista El Croquis MVRDV 1991-1997. n.86. Barcelona, 1997, p.166.
- fg322_02 – Igreja em Barendrecht, 1997 – diagramas e perspectivas – MVRDV
Revista El Croquis MVRDV 1991-1997. n.86. Barcelona, 1997, p.53.
- fg322_03 – Business Park, Chartres. 1991. diagramas.
 TSCHUMI, Bernard. *Architecture and Disjunction*. Cambridge: MIT Press, 1996. p. 55.
- fg322_04 – Conjunto Residencial Prinsenhoeke, 1992-95 – maquete e diagramas – Neutelings & Riedijk
Revista El Croquis Neutelings & Riedijk. n.94. Barcelona, 1999. p.31.
- fg322_05 – Bibliotheque de L'IHUEI – Peter Eisenman - diagramas
 SOMOL, R.E. *Peter Eisenman Diagram Diaries*. London: Thames & Hudson, 1999. p. 87.
- fg322_06 - Yokohama Terminal. 1995. FOA
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Loops/Bucles. Barcelona: Font i Prat, 1999.encarte.

- fg322_07 - Dobraduras – Albers, Bauhaus
WHITFORD, Frank. *Bauhaus*. London: Thames and Hudson, 1984. p.135.
- fg322_08 - seções Terminal de Yokohama – FOA
Architectural Design. vol.65, n. 5/6, may-jun 95, XIX. Londres.
- fg322_09 – “Movie” da Garrafa de Klein
CARTER, J. Scott. *How surfaces intersect in space: an introduction to topology*, World Scientific, Second edition, 1995. p. 95
- fg322_10 - Terminal de Yokohama, diagramas – Winka Dubbeldam
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.93.
- fg322_11 - Villa KBWW - diagramas
Revista Archis. n.11. Rotterdam: NAI, C. Misset Publishers, 1997. p.30.
- fg322_12 - Villa KBWW - vista externa
Revista Archis. n.11. Rotterdam: NAI, C. Misset Publishers, 1997. p.29.
- fg322_13 - Villa KBWW – perspectiva
Revista Archis. n.11. Rotterdam: NAI, C. Misset Publishers, 1997. p.29.
- fg322_14 - Villas Palladianas, diagramas geométricos – Rudolf Wittkower
Desenho do autor sobre WITTKOWER, Rudolf. *La arquitectura en la edad del Humanismo*. Buenos Aires: Nueva vision, 1968, p.75.
- fg322_15 – Pattern de interações urbanas – Christopher Alexander
ALEXANDER, Christopher. *Notes on Synthesis of Form*. Cambridge: Harvard University Press, 1964. p.153.
- fg322_16 – protótipo de prisão, 1993 – maquete e diagramas – Neutelings & Riedijk
Revista El Croquis Neutelings & Riedijk. n.94. Barcelona, 1999. p.101.
- fg322_17 – CMRI, diagramas – Peter Eisenman
SOMOL, R.E. *Peter Eisenman Diagram Diaries*. London: Thames & Hudson, 1999. p. 195.
- fg322_18 – CMRI, modelo – Peter Eisenman
SOMOL, R.E. *Peter Eisenman Diagram Diaries*. London: Thames & Hudson, 1999. p. 196.
- fg322_19 - Concurso para a nova sede IUAV - Veneza. No Where Architects. diagramas
Revista Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme., Spirals/Espiraes, n.222. Barcelona: Font i Prat, 1999. p. 66.
- fg322_20 – Arnheim Center Infrastructure – Ben van Berkel (Un Studio) – diagrama, wireframe, perspectiva
ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999. p.174.
- fg322_21 – Programmatic Lava - Yokohama. diagrama programático – OMA, 1992
KOOLHAAS, Rem, MAU, Bruce. S,M,X,XL. Amsterdam: Evergreen, 1997. p. 1219
- fg322_22 – Kunsthall. perspectiva – OMA, 1992
KOOLHAAS, Rem, MAU, Bruce. S,M,X,XL. Amsterdam: Evergreen, 1997. p. 430
- fg322_23 – Bibliothèques Jussieu. maquete - OMA, 1992
KOOLHAAS, Rem, MAU, Bruce. S,M,X,XL. Amsterdam: Evergreen, 1997. p. 1219
- fg322_24 – Piscinas Sloterpark, 1994 – seqüências papirofléxicas, seqüência de construção e

perspectiva - MVRDV

Revista El Croquis MVRDV 1991-1997. n.86. Barcelona, 1997, p.57.

fg322_25 – Piscinas Slotterparck, 1994 – modelo - MVRDV

Revista El Croquis MVRDV 1991-1997. n.86. Barcelona, 1997, p.59.

considerações finais

fg4_01 – plano/superfície, homeomorfismo – prototipagem rápida. David Sperling

modelo prototipado no Laboratório de Desenvolvimento do Produto do Centro de Pesquisas Renato Archer – Campinas, SP, fotografia por Luciano Costa e pelo autor

fg4_02 – plano/superfície, homeomorfismo – prototipagem rápida. David Sperling

modelo prototipado no Laboratório de Desenvolvimento do Produto do Centro de Pesquisas Renato Archer – Campinas, SP, fotografia por Luciano Costa e pelo autor

bibliografia

arquitetura e linguagem

- ALEXANDER, Christopher. *Notes on Synthesis of Form*. Cambridge: Havard University Press, 1964.
- _____. *La estructura del medio ambiente*. Barcelona: Tusquets, 1971.
- AGUIAR, Douglas Vieira de. "Alma espacial". In: *Arquitextos*. Texto especial 121. URL: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/bass/texto121.asp>
- ARTIGAS, Vilanova. "O Desenho". In: *Caminhos da Arquitetura*. São Paulo: Cosac & Naify, 1999.
- BILL, Max. "O pensamento matemático na arte de nosso tempo". In: *Ver y Estimar*, n.17. Buenos Aires:1950.
- COELHO Netto, J. Teixeira. *Semiótica, Informação e Comunicação*. São Paulo: Perspectiva, 1999. 5.ed. p. 26.
- CONSIGLIERI, Victor. *A Morfologia da Arquitetura 1920-1970*. Lisboa: Estampa, 1995.
- _____. *As Significações da Arquitetura 1920-1990*. Lisboa: Estampa: 2000.
- COWAN, Gregory. *Diagrams and Horizontality*. (2001). URL: <http://gregory.cowan.com/nomad/>
- DUARTE, Fábio. *Crise das matrizes espaciais. Arquitetura, cidades, geopolítica, tecnocultura*. São Paulo: Perspectiva, Fapesp, 2002.
- FRANÇA, Franciney C. de. *Análise Sintática de Espaços Domésticos no Distrito Federal (1999)*. URL: http://www.unb.br/fau/pos_graduacao/cadernos_eletronicos/analise_sintatica/analise_sintatica.htm
- HANSON, Julienne. *Decoding Homes and Houses*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- HILLIER, Bill, HANSON, Julienne. *The Social Logic of Space*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- HILLIER, Bill. *Space is the Machine*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- LANDA, Manuel de. *Deleuze and the use of the genetic algorithm in architecture*. URL: <http://boo.mi2.hr/~ognjen/tekst/delanda2001.html>
- MARCH, Lionel, STEADMAN, Philip. *The Geometry of Environment*. London: Methuen & Co, 1971.
- MASSIRONI, Manfredo. *Ver pelo Desenho*. São Paulo: Martins Fontes, 1982.
- McLUHAN, Marshall. *Os Meios de Comunicação como Extensões do Homem*. Trad. Décio Pignatari. 10 ed. São Paulo: Cultrix, 1995.
- MIMRAM, Marc. *Structures et Forms. Étude appliquée à l'oeuvre de Robert Lê Ricolais*. Paris: Dunod, Ponts et Chaussées, 1983.
- OSTWALD, Michael J. *Under Siege: The Golden Mean in Architecture*. URL: <http://www.nexusjournal.com/ostwald.html>
- PANG, Alex Soojung-Kim. *Visual Representation and Post-Constructivist History of Science*. URL: <http://www.relevanthistory.com/writing/visual/text.html>
- PEIRCE, Charles. S. *Collected Papers*. Cambridge. Harvard University Press, 1933.
- _____. "Escritos Coligidos". In: *Pensadores*. Trad. Armando Maia D'Oliveira e Sérgio Pomeramblum. São Paulo: Abril Cultural. p. 07-199.

- _____. *Semiótica Charles Sander Peirce*. Trad. José Teixeira Coelho Neto. São Paulo: Perspectiva, 1999.
- _____. *Semiótica e Filosofia*. introdução, seleção e tradução de Octanny Silveira da Mota e Leonidas Hegenberger. São Paulo: Cultrix e Edusp, 1975.
- PELLEGRINO, Pierre, CORAY, Daniel et al. *Arquitetura e Informática*. Barcelona: Gustavo Gili, 1999.
- PELLEGRINO, Pierre. *Le sens de l'espace : la dynamique urbaine*. Paris: Anthropos: Diffusion Economica, 2000.
- ROWE, Colin. "The mathematics of the Ideal Villa de Colin Rowe". In: *The mathematics of the Ideal Villa and Other Essays*. Cambridge: MIT Press, 1976.
- ROWE, Peter G. *Design Thinking*. Cambridge: Mit Press, 1997.
- SANTAELLA, Lucia. *Cultura das Mídias*. São Paulo: Razão Social, 1992.
- SANTOS, Milton. "Meio Técnico-Científico e Urbanização: Tendências e Perspectivas". In: *Revista Resgate*, n.3, Campinas: UNICAMP, 1991.
- SCHUMACHER, Patrik. "Rational in Retrospect - Reflections on the Logic of Rationality in Recent Design". Unedited version. Edited in: *AA files 38, Annals of the Architectural Association School of Architecture*, Spring 1999. URL: <http://freespace.virgin.net/patrik.schumacher/Rational.htm>
- WITTKOWER, Rudolf. *La arquitectura en la edad del Humanismo*. Buenos Aires: Nueva vision, 1968.

FILOSOFIA

- ALMEIDA, Jorge. "O Trote de Alan Sokal nos pós-modernistas". In: *Revista Teoria e Debates*. São Paulo: Perceu Abramo, 1997. n.36. pp.67-71.
- BIZARRO, Sara Farmhouse. "Imposturas Intelectuais, de Alan Sokal e Jean Bricmont". In: *Disputatio*, n.6, maio 1999. URL: <http://www.terravista.pt/Nazare/5474/Articles/book63.html>
- DELEUZE, Gilles. *Francis Bacon: Logique de la Sensation*. Paris: ed. De la Différence, 1981.
- _____. *Foucault*. Paris: Minuit, 1986.
- DELEUZE, Gilles, GUATTARI, Félix. *Mil Platôs – Capitalismo e Esquizofrenia*. São Paulo: 34, 1995.
- FREITAS, Lima de, MORIN, Edgar, NICOLESCU, Basarab. *Carta de Transdisciplinaridade*. Primeiro Congresso Mundial de Transdisciplinaridade (Convento de Arrábida, Portugal, 2-6 novembro, 1994). URL: www.cfh.ufsc.br/~let/carta.htm
- GRANON-LAFONT, Jeanne. *A Topologia de Jacques Lacan*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1990.
- LÉVY, Pierre. *O que é o Virtual?*. Rio de Janeiro: 34, 1996.
- _____. *Cibercultura*. Rio de Janeiro: 34, 1999.
- MERLEAU-PONTY, Maurice. "A Dúvida de Cézanne". In: *Textos Selecionados / Maurice Merleau-Ponty*; seleção de textos Marilena de Souza Chauí. São Paulo: Abril Cultural, 1980. - (Os Pensadores).
- NICOLESCU, Basarab. *O manifesto da transdisciplinaridade*. Tradução: Lúcia Pereira de Souza. São Paulo: Triom, 1999.
- [SEP] Stanford Encyclopedia of Philosophy. URL: <http://plato.stanford.edu/entries/diagrams>
- SOKAL, Alan, BRICMONT, Jean. *Imposturas Intelectuais*. São Paulo: Record, 1999.
- VIRILIO, Paul. *O Espaço Crítico*. Rio de Janeiro: 34, 1993.
- WEIL, Pierre, D'AMBRÓSIO, Ubiratan, CREMA, Roberto. *Rumo à nova transdisciplinaridade*. 2.ed. São Paulo: Summus, 1993.
- WHITEHEAD, Alfred North. *Process and Reality*. New York: Macmilan, 1929.
- ZEMAN, J. Jay. *Peirce on Abstraction*. URL: http://www.clas.ufl.edu/users/jzeman/peirce_on_abstraction.htm (2002A)
- Texto presente na revista *The Monist* 65 (1982), pp.211-229 e no livro *The Relevance of Charles Peirce*, ed. Eugene Freeman, La Salle, Illinois: Monist Library of Philosophy, 1983, pp.293-311.

_____. *Peirce's Philosophy of Logic*. URL: <http://www.clas.ufl.edu/user/jzeman/csphiloflogic.htm> (2002B) Texto preparado inicialmente para a conferência "The Birth of Mathematical Logic" no Fredônia College, SUNY, em março de 1983, transcrito nas "Transactions of the Charles S. Peirce Society 22" (1986), pp. 01-22.

historiografia arquitetura/arte

- ARANGO, Sílvia. "Crítica da crítica: o provincianismo de sentir-se centro". In: *Projeto*. São Paulo, 1989. n.118. p. 121-126.
- ARANTES, Otilia. *O lugar da Arquitetura depois dos modernos*. São Paulo: Edusp, 1995.
- ARGAN, Giulio Carlo. *A Arte Moderna*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.
- BONTA, Juan Pablo. *Sistemas de significación en arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gili, 1977.
- MINK, Janis. *Duchamp*. Köln: Taschen, 1996.

Lógica

- COSTA, Newton. C. A. *Ensaio sobre os Fundamentos da Lógica*. São Paulo, Hucitec/Edusp, 1980.

geometria/topologia

- BELL, Eric Temple. *Mathematics Queen & Servant of Science*. Redmond: Tempus, 1987.
- BOAVENTURA Netto, Paulo O. *Grafos - Teoria, Modelos, Algoritmos*. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.
- CARTER, J. Scott. *How surfaces intersect in space: an introduction to topology*, World Scientific, Second edition, 1995.
- FIRBY, P.A., GARDINER, C.F. *Surface Topology*. West Sussex: Ellis Horwood, 1982.
- Grafos. URL: <http://www.ulbra.tche.br/~danielnm/ed/B/polB.html>
- HEATH, Sir Thomas L. (introduction and commentary) *The Thirteen Books of Euclid's Elements*. New York: Dover, 1906.
- HILBERT, D. COHN-VOSSSEN, S. *Geometry and the imagination*. New York: Chelsea, 1952.
- MARAR, Washington L. *Superfícies Singulares*. URL: <http://www.icmc.sc.usp.br/%7Ewalmartar/topo.html>
- MARAR, Washington L, SPERLING, David. "Em Matemática, Metadesenhos". In: *Disegno. Desenho. Designio*. São Paulo: Iluminuras, (2002), Edith Derdyk (org.) (no prelo)
- O'CONNOR, J J, ROBERTSON, E F. URL: <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/> (2000)
- <http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Listing.html>

THE OPEN UNIVERSITY. *Topology*. Mathematics Foundation Course Unit 35. Bletchley, 1971.

PIMENTEL, Graça. *Teoria dos Grafos*. URL: <http://www.icmsc.sc.usp.br/~sce183/gfint.html>

_____. Complemento de um Grafo. URL: <http://www.icmsc.sc.usp.br/~sce183/gfcomp.html>

SAMPAIO, João. *Introdução à Topologia das Superfícies - XXII Encontro Brasileiro de Topologia/UFF*. São Carlos: UFSCar, 2000.

[SEP] Stanford Encyclopedia of Philosophy. URL: <http://plato.stanford.edu/entries/diagrams>

WILKINS, D. R. URL: http://www.maths.tcd.ie/pub/HistMath/People/Leibniz/RouseBall/RB_Leibnitz.html a partir de: BALL, W. W. Rouse. *A Short Account of the History of Mathematics*, 1908.

WEEKS, Jeffrey R. *The Shape of Space*. New York: Marcel Dekker, 1985.

vanguardas arquitetônicas

ACTAR. *MVRDV en Villa VPRO*. Barcelona, 1999.

_____. *The Yokohama Project*. Barcelona: 2002.

BERKEL, Ben van. "Entre el ideograma y la imagen-diagrama". In: *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme, Espirales*. Barcelona: Font i Prat, 1999. p.74-79.

BERKEL, Ben van, BOS, Caroline (edit). *Diagram Work: Data Mechanics for a Topological Age*. New York: Anycorp, 1998.

_____. *MOVE*. Amsterdam: Un Studio & Goose Press, 1999.

_____. "Una capacidad para lo Interminable". In: *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme, Espirales*. Barcelona: Font i Prat, 1999. p.92-95

BOGNER, Dieter. "En el interior de la Endless House". In: *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme, Espirales*. Barcelona: Font i Prat, 1999. p.100.

CACHE, Bernard. *Earth Moves. The Furnishing of Territories*. Cambridge: MIT Press, 1995.

CASTRO, Luis Rojo de. "(El)Informe". In: *El Croquis - En Proceso*. vol.III/IV, n. 96/97, 1999, pp.04. Barcelona.

FOA. "Yokohama International Port Terminal". In: *Architectural Design*. vol.65, n. 5/6, may-jun 95, p.XIX. Londres.

GALOFARO, Luca. *Digital Eisenman: an Office of the electronic era*. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 1999.

HERTZBERGER, Herman. *Lições de Arquitetura*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

HO, Mae-Wan. "The New Age of the Organism". In: *Architectural Design - New Science = New Architecture?*. vol.67, n. 9/10, set-oct 97, 44-51. Londres.

JENCKS, Charles. "Nonlinear Architecture. New Science = New Architecture?". In: *Architectural Design - New Science = New Architecture?*. vol.67, n. 9/10, set-oct 97, 07-09. Londres.

KOOLHAAS, Rem, MAU, Bruce. S,M,X,XL. Amsterdam: Evergreen, 1997.

LOOSTMA, Bart. Diagrams in Costumes. In: *Architecture and Urbanism A+U. Rem & Ben*. Tokyo: A+U, 1998. n.342.

- LYNN, Greg. *Animate Form*. New York: Princeton University Press, 1999.
- NOVAK, Marcos. "Transarchitectures and Hypersurfaces" In: *Architectural Design - Hypersurface Architecture*. vol.68 n.5/6, may-jun 98, pp.85-93. Londres.
- OSWALT, Philipp, HOLLWICH, Matthias. OMA at work. Edited by: ARCHIS n.7, 1998.
URL: http://www.azw.at/aust/de/10171/10171_zusatz23.htm
- PERRELA, Stephen. "Hypersurface Theory: Architecture><Culture" In: *Architectural Design - Hypersurface Architecture*. vol 68 n.5/6, may-jun 98, p. 07-15. Londres.
- _____ "Bernard Cache/Objectile - Topological Architecture and the Ambiguous Sign" In: *Architectural Design - Hypersurface Architecture*. vol 68 n.5/6, may-jun 98, p.60. Londres.
- PETRESIN, Vesna, ROBERT, Laurent-Paul. The Double Möbius Strip Studies. In: *Nexus Network Journal* (outono 2002). URL: <http://www.nexusjournal.com/PetRob.html>
- SOLÀ-MORALES, M. *Espacios Colectivos*, (trabalho não publicado, transcrição de palestra proferida no Seminário Internacional Centro XXI), São Paulo, 1995.
- SOMOL, R.E. *Peter Eisenman Diagram Diaries*. London: Thames & Hudson, 1999.
- SPUYBROEK, Lars. "Diagramming" . Interview by Cho Im Sik. Edited in: *Virtual Architecture + Digital Urbanism - Sarai Reader 2002: The Cities of Everyday Life*. p.243-248. URL: <http://www.sarai.net/journal/02pdf/09virtual/03diagramming.pdf>
- TSCHUMI, Bernard. *Event-Cities (Praxis)*. Cambridge: MIT Press, 1994.
- _____. *Architecture and Disjunction*. Cambridge: MIT Press, 1996.
- ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999.

periódicos

- L'Arca*. n.140, set 1999. Milão.
- Architectural Design – Architects in Cyberspace*. vol.65, n. 11/12, 1995. Londres.
- _____ - *Hypersurface Architecture*. vol.68 n.5/6, 1998. Londres.
- _____ - *Architects in Cyberspace II*. vol.68, n. 11/12, 1998. Londres.
- _____ - *Sci-Fi Architecture*. vol.69 n.3/4, 1999. Londres.
- _____ - *Hypersurface Architecture II*. vol.69 n.9/10, 1999. Londres.
- _____ - *Architecture + Film II*. vol.70 n.1, 2000. Londres.
- Architecture and Urbanism A+U. Rem & Ben*. Tokyo: A+U, 1999:03. n.342.
- L'Architecture d'Aujourd'Hui*. n. 321, mar 1999. Paris.
- _____. n. 325, dec 1999. Paris.
- Arquitectura Digital*. n.7, set. 1999. Buenos Aires.
- El Croquis - Worlds Two/Mundos Dos*. n. 91, 1998. Barcelona.
- _____ - *En Proceso*. vol.III/IV, n. 96/97, 1999. Barcelona.

Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. Land Arch. n.217. Font i Prat, 1997. Barcelona.

_____. *(Re)Activa/(Re)Active Architecture.* n.219. Font i Prat, 1998. Barcelona.

_____. *Topografias Operativas/Operative Topographies.* n.220. Font i Prat, 1998. Barcelona.

_____. *Espirales/Spirals.* n. 222. Font i Prat, 1999. Barcelona.

_____. *Bucles/Loops.* n. 223. Font i Prat, 1999. Barcelona.

2G. *Foreign Office Architects.* Barcelona: Gustavo Gili, 2001. n.16.

musicografia (trilha sonora do processo)

BACH, Johann Sebastian. *Brandenburg Concerto 4, 5, 6, Violin Concerto 2.* Movieplay, s/d.

COODER, Ry. *The end of violence.* Score, 1997.

MILES, Robert. *Dreamland.* Deconstruction/BMG, 1996.

_____. *23AM.* Arista, 1997.

MONK, Thelonious. *The Definitive Thelonious Monk.* Sony, 2000.

SATIE, Erik. *Pianoworks 1866-1925.* Movieplay, s/d.

WATERS, Roger. *In the Flesh.* Sony, 2000.