

MESTRADO INTEGRADO
ARQUITECTURA

A Topologia e o *Fold*: contributos à forma contemporânea.

Frederico Tavares de Pinho

M
2018

Frederico Tavares de Pinho Martins.
A Topologia e o *Fold*: contributos à forma contemporânea.



A Topologia e o *Fold*: contributos à forma
contemporânea.

Frederico Tavares de Pinho Martins



RESUMO

O debate teórico contemporâneo incide, entre outros aspectos, sobre a gestão da complexidade em arquitectura. Esta discussão remonta a uma outra, iniciada há cinco décadas e centrada na ideia de “conflito” e “contradição” como resposta arquitectónica a um percebido contexto cultural e formal heterogéneo, diversificado e diferenciável. Presentemente, os princípios normativos de tal debate, alimentados pela evolução científica, técnica e cultural de conteúdos, encontram nas novas teorias sistémicas e, substancialmente, nos seus desígnios topológicos uma alternativa a tais estratégias como modelo operativo da arquitectura.

A seguinte dissertação explora desta forma a relação sustentada entre a disciplina topológica e a dimensão morfossintática e projectual da arquitectura. Tal exercício, centrado no produto estético pós-contraditório do *fold* deleuziano, tem por objectivo inquirir a produtividade em arquitectura das novas geometrias que substituem a lógica combinatória de formas platónicas por princípios outros, sistematizadores de tempo, conexão e flexibilidade.

Numa primeira instância, expõem-se partes do decurso evolutivo da Geometria, pretendendo enquadrar determinados conceitos e valores convergentes ao tema topológico, assim como assinalar a relação entre geometria e a própria evolução da paisagem morfológica da arquitectura. Numa segunda fase, traça-se a correspondência entre a especificidade disciplinar da topologia e a inerente plasticidade da dobra de Gilles Deleuze. Por fim, desenha-se a substância arquitectónica dos temas, particularmente no plano, quer conceptual quer metodológico, da exploração morfológica e morfogenerativa dentro do entendimento performativo e relacional da arquitectura.

ABSTRACT

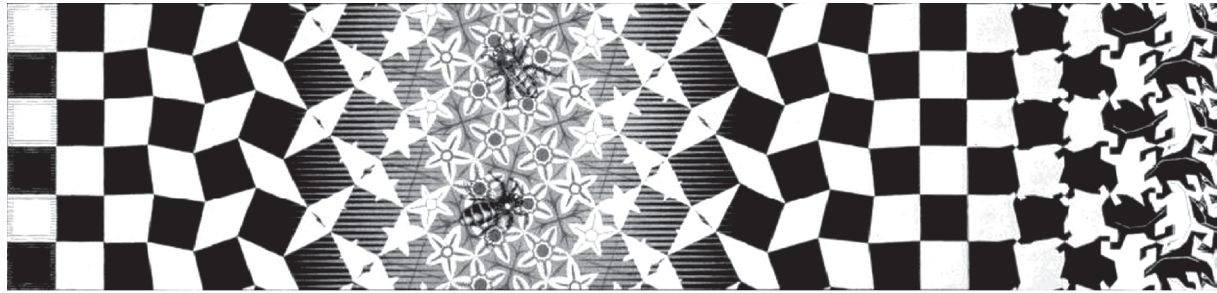
The theoretical debate is contemporarily centered, among other aspects, in managing complexity in architecture. This discussion goes back to one other, started five decades ago and focused on the idea of "conflict" and "contradiction" as an architectural response to the heterogeneous, diverse and differentiated cultural context. Now, its normative principles, nourished by the evolution of scientific and theoretical contents, find in the new systemic theories and substantially in their topological attributes an alternative to such strategies as an operative model to architecture.

The following paper explores the sustained relationship between topology and the morphosyntactic and design dimensions in architecture. Such exercise, focused on the post-contradictory aesthetics of the deleuzian *fold*, aims to inquire the architectural productivity of the topological geometries which replace combinatorial logics of platonic forms by other principles systematizing time, connection and flexibility.

First, it exposes the evolution of Geometry, framing certain concepts and values convergent to the topological theme. While doing so, it also stresses the relationship between geometry and the evolution of the morphological landscape of architecture. Afterwards, it traces the correlation between the specificities of the topological discipline and the plasticity of Gilles Deleuze's discourse, drawing, at last, the architectural substance of those issues particularly regarding its productivity on the architectural thought and in morphological and morphogenetic explorations within the performative and relational realm of architecture.

A Topologia e o *Fold* : contributos à forma contemporânea.

Frederico Tavares de Pinho Martins



Sob Orientação do Prof. Doutor Gonçalo Miguel Furtado Cardoso Lopes

FACULDADE DE ARQUITETURA



Aos meus pais e irmã, pelo amor incondicional e rotunda
paciência.

Ao Pimenta e Tavares pela amizade.

À minha Joaquina.

Ao Prof. Doutor Gonçalo Furtado pela atenção e disponibilidade.

Think not of form, but of the act of forming. Paul Klee

ÍNDICE

07. **Preâmbulo**

11. **Introdução**

Capítulo I

Moldura

15. Evolução geométrica e *transformação*

21. Não-Euclidianismo, relativismos e complexificações: morfossintaxe arquitectónica

Capítulo II

Vector

37. O *fold* deleuziano: metáforas formais do infinito

44. A topologia: morfologias da continuidade

Capítulo III

Inflexão

61. *Folding* na arquitectura e a forma do digital

78. Topologia e o processo contínuo: performance arquitectónica (?)

107. **Considerações Finais**

111. **Referências Bibliográficas**

117. **Créditos de Imagens**

PREÂMBULO

KÁTHARSIS EPISTÉMICA E O NOVO PARADIGMA

“Deus não está mais no céu, o Príncipe perdeu a sua esposa, e o mundo parece todo ele errôneo¹“. Este é o soar irônico de Jencks (1997: 7) e que, não obstante, se julga figurar epítome da teoria crítica e episteme no término secular.

A esquizofrenia identitária, então em voga, não é mais do que sintoma da circunstância que se apresenta, de forma idílica e palpável, na inexorabilidade do desenho societal contemporâneo face ao arquétipo do plural e do relativo. Esta é, enfim, a condição de pós-modernidade ou, se assim quisermos, modernidade líquida²: a falência das meta-narrativas e (ma)temáticas holísticas e pré-figurativas do mundo é já lugar-comum. Aparentemente, tem-se hoje a verdade por polimorfa e a realidade por multiforme.

Esta convulsão no modelo de produção cultural representa, de resto, o natural florir da reformulação no registo axiomático da Matemática e subsequente mudança de paradigma ou ontologia científicos e discursivos operada no último centénio. Christian Bök (2002: 3), na sua introdução à patafísica, afirma que a Ciência não mais racionaliza a Verdade tanto quanto relativiza a sua verdade, argumentando a desqualificação da validade racional, como é exemplo a máxima Bergsoniana “*one can always reason with reason*”, como sintomática de uma transição pós-moderna na ciência do absolutismo para o relativismo. Independentemente da retórica acerca do raciocínio humano, percebe-se o conteúdo e importância da charneira: à desconstrução dos primitivos matemáticos pela geometria não-Euclidiana seguiram-se as dúvidas acerca da própria moldura das estruturas científicas (em larga medida enquanto série de cadeias de raciocínio matemático), e pelo conjunto, dilui-se a crença científica na pureza e holismo das leis matemáticas enquanto desenho (d) e determinação do mundo (Kline, 1967: 475). Se porventura a visão Clássica e Newtoniana pressupunha a mera descoberta de um precedente já incorporado na natureza, reduzindo-o pela razão (dedutiva ou indutivamente) a uma teoria científica una, a destituição promovida pela geometria não-Euclidiana desse mesmo quadro de referências deterministas previu, em contraposição, um modelo sistémico assente na não-linearidade organizativa discutida pelas “ciências nómadas de oportuna adaptabilidade”³.

¹ Tradução de minha autoria. Todas as fontes bibliográficas são aqui citadas na língua da edição consultada, respeitando o teor intelectual e porventura o reforço sintáctico pretendido pelo autor referenciado e/ou tradução autorizada. Ainda assim, abre-se exceção nesta primeira nota, dado o seu posicionamento introdutório no conjunto do texto. O original: “*God’s not in heaven, the Prince has lost his wife, and all’s wrong with the world.*”

² A determinação histórica pela corrente crítica e analítica da condição aqui referida sabe-se controversa e dual, e daí a ambiguidade na terminologia usada. Se porventura autores como Lyotard ou Baudrillard cunham a pós-modernidade como condição histórica que marca os motivos do fim da modernidade, outros dilatam a última, abrindo-lhe mais um estádio para cobrir os desenvolvimentos denotados (Bauman, Giddens). Ainda assim, referir que esta condição póstuma representa sobretudo o reconhecimento da debilidade da crença moderna num ponto de chegada ou epílogo sócio-cultural ideal, e nesse sentido, a recuperação da postura Nietzscheana do ‘novo infinito’ onde o mundo para nós se torna novamente infinito, no sentido de que não se lhe pode negar a possibilidade de se prestar a uma infinidade de interpretações.

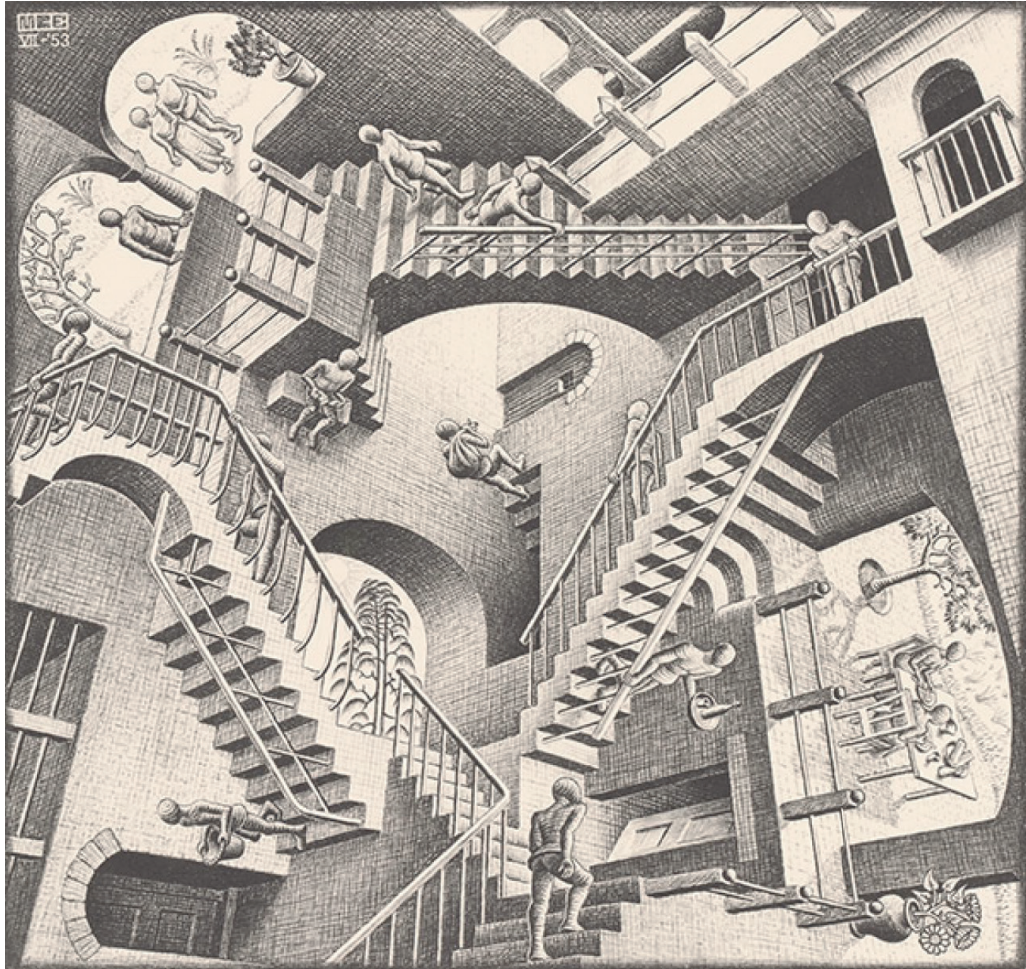
³ Veja-se capítulo 12, intitulado de “*Treatise on Nomadology*”, pp. 406-408 e 450-451, em: DELEUZE, G. E GUATTARI, F. – *A Thousand Plateaus*, London: Continuum, 2004.

É senão no seguimento deste novo discurso cosmográfico que, em arquitectura, Jencks atira que o Pós-Modernismo ter-se-á espraído em algo mais ambíguo, e nesse sentido, evoluído para aquilo que trata por “O Novo Paradigma”. Como argumenta, o pluralismo e complexidade suportados por Robert Venturi ou Jane Jacobs desenvolvem-se agora a um outro nível, elucidados pelas “novas ciências da complexidade” e dinâmicas não lineares por elas apregoadas⁴ (Jencks, 2006: 8). Mais importante, as múltiplas noções caras à gaia ciência aproximam-nos de um novo entendimento topológico do espaço que pretere a construção de “absolutos geométricos” em favor de sistemas (d)e relações de formas que absorvam a incerteza do tempo

(Emmer, 2004: 98).

É, de resto, segundo estes moldes morfológicos pós-Cartesianos, influenciados pelo pensamento sistémico e iluminados pelo computador, que se percebe, no âmbito da teorização arquitectónica subjacente, que “para lá de prescrever que se determine mais ou que se indetermine, interessa reflectir sobre o significado de experiências que procuram lidar dinamicamente com a incerteza e participação.” (Furtado, 2011: 110).

⁴ A discussão do tema e sua estética, particularmente notória na teoria crítica de Gilles Deleuze, conta com a influência de autores como Eisenman, Lynn, Spuybroek e Weinstock, entre outros.



A labyrinth is said, etymologically, to be multiple because it contains many folds. The multiple is not only what has many parts but also what is folded in many ways. Gilles Deleuze

INTRODUÇÃO

Hoje, parecem claros os indícios de que a cultura ocidental imiscuiu a estabilidade clássica com que o mundo se apresentara com outros valores que, pelo contrário, assumem o dinamismo e atendem prioritariamente à mudança e transformação que os processos temporais advogam. Este desfasamento de paradigma traduz um maior interesse das demais esferas intelectuais do último quarto de século pelos pergaminhos científicos da complexidade que a física moderna esboçou. A reflexão acerca dos conceitos de espaço-tempo, bem como a progressiva democratização da computação gráfica e o natural desenvolvimento das ditas “matemáticas visuais” (Emmer, 2008: 71) assistida nos últimos anos, convoca um interesse partilhado, sobretudo simbiótico, entre teóricos, arquitectos e matemáticos pela estética (no sentido mais lato) da nova cientificidade. Tal relação, potenciadora da criatividade dos processos das partes, convive natural e simultaneamente com inescapáveis renovações no entendimento dos mesmos.

As convulsões nos volumes conceptuais coordenadores da prática arquitectónica sabem-se consensuais aos avanços científico-tecnológicos e socioculturais que, em última instância, denunciam novos valores, novas apropriações instrumentais e, desse modo, novos processos e metodologias. Do tópico, reconhece-se, em particular, a relação estrita entre Geometria e Arquitectura: tendo subjacente a questão da representação, a sua índole mediadora de noções (científicas) de espaço situa-a igualmente elementar e transversal no domínio conceptual do projecto. Com efeito, a relação entre “modelos” de arquitectura e a mutação dos conceitos científicos de espaço é certa e historicamente narrável; e, nesse sentido evidente, explicou Cache (1995: 24), que a definição de arquitectura como operação espacial demande necessariamente por uma definição precisa da natureza desse mesmo espaço.

Nesse sentido, dada a profunda alteração no entendimento da estrutura justificativa do mundo operada no século XX à luz de uma nova construção geométrica de espaço, parece razoável afirmar-se que a discussão dos termos polarizadores de tal *linearis essentia* põe-se hoje contemporânea e adivinha-se doravante farta. Mais ainda, a libertação tectónica da camisa de forças de uma geometria ortogonal e a proliferação de processos de desenho que emprestam a aparência da complexidade demandam uma precisão analítica acerca do interface conceptual entre definições arquitectónicas da forma e o actual momento processual digital.

É, pois, no âmago deste processo de relação entre a complexificação geométrica e Arquitectura, que reside o objecto de estudo. Identificado um substancial ponto de clivagem nos domínios culturais e artísticos através do desenvolvimento da geometria não-Euclidiana, importa atentar às hipotéticas relações estabelecidas entre tal complexificação e a produção arquitectónica deste início de milénio. Induz-se, em particular, o foco de análise para a disciplina topológica que, desenvolvida após o advento digital, se julga adquirir especial relevo na instrução de *novas formas* de arquitectura⁵.

⁵ A expressão sublinhada, remanescente do título deste exercício, não pretende encerrar em si uma restrita acepção morfológica ou de estilo arquitectónico. Antes, um entendimento mais vasto, uma vez perceber-se a ilusão intelectual característica a uma postura que tenta antecipar, por intermédio da imagem apenas, as condições de uma arquitectura. Como de resto regista Tafuri (1996: 366), qualquer slogan ou proposta nesse sentido terá invariavelmente de perpetuar um

De resto, a progressiva mediatização assumida nas duas últimas décadas pelos aspectos dinâmicos da geometria topológica – de forma geral, dos seus processos de transformação contínua – converge, em arquitectura, nas abordagens ditas por “pós-contraditórias” de gestão de complexidade que se sustentam precisamente nas proposições formais de fluidez, continuidade e heterogeneidade transversais ao discurso deleuziano do *fold*. Perante a denotada complexidade projectual imposta ao arquitecto, tal abordagem resume a urgência e o deleite contemporâneo por concepções simultaneamente estruturantes, por um lado, da criação arquitectónica e materializadoras, por outro, dessa arquitectura.

Posicionando a tónica de discurso nesta ambivalência entre recurso conceptual e técnica operativa, a principal intenção do trabalho passa pela dissecação dos aspectos teóricos concernentes à topologia e, em especial, do seu contributo para com as noções de morfogenia do objecto/projecto arquitectónico. Aludindo essencialmente a uma reflexão crítica articulada de princípios e premissas instigados pelo painel disciplinar central à discussão – designadamente arquitectura, filosofia e matemática – tem-se por objectivo crucial anuir, de forma sistemática e crítica, às inflexões arquitectónicas que a geometria topológica provoca, correlacionando os aspectos caros de seu intrínseco desenho morfogénico à própria sistematização projectual, metodológica e experiencial da arquitectura.

A estrutura da dissertação organiza-se em três partes fundamentais, confinadas por um capítulo introdutório e outro conclusivo.

A Introdução, precedida de uma pequena resenha de conteúdos, clarifica a valoração da temática topológica no plano arquitectónico, tal como a pertinência dos objectivos propostos.

O primeiro capítulo, *Moldura*, propõe um enquadramento da evolução disciplinar da Geometria e, nesse sentido, a exposição de um conjunto de conteúdos e valores culturais convergentes ao tema topológico. Instiga-se paralelamente as relações operadas entre tais desenvolvimentos e a própria morfologia arquitectónica.

Numa segunda fase, *Vector*, expõem-se as particularidades do campo de estudo, traçando correspondência entre a especificidade disciplinar da topologia e a inerente plasticidade da *plica* de Gilles Deleuze.

No capítulo final, desenha-se a *Inflexão* operada em arquitectura pelo binómio estudado. Atendendo ao cariz polimórfico que a imagem topológica sustenta, analisa-se a produtividade da abordagem evolutiva da forma na exploração morfológica e morfogenerativa dentro do entendimento performativo e relacional da arquitectura.

A Conclusão encerra a tese ao nível dos conteúdos, evidenciando os resultados da reflexão crítica.

todo articulado de linguagem, estrutura e metodologia arquitectural que vá mais além da simples actualização da sintaxe.



CAPÍTULO I

MOLDURA

No seu prefácio à versão traduzida do livro de Deleuze *Le Pli, Leibniz et le baroque*, Tom Conley cita a teorização exercida por Henri Focillon em *Vie des formes*⁶ acerca da lógica de periodização dos estilos artísticos. Reflectindo acerca do contexto da emergência dos estilos românico e gótico, Focillon confronta dilemas comuns como o porquê e o modo de desenvolvimento dos estilos: se estes se sucedem simplesmente ou partilham determinados tratados apesar da sua franca diferenciação; se os diferentes estilos transmitem, de uma forma lata, noções de uma particular forma de pensamento e nesses termos, se poderão ser temporalmente definidos. E se sim, quais as motivações ideológicas que acabam por atrair os esquemas históricos que tendem também a produzir os primeiros.

Por outro lado, sobrepondo-se à relatividade da própria noção de *estilo*, no seu *Principles of Art History*, primeiramente publicado em 1915, Heinrich Wölfflin (apud Carpo, 2004: 18) propõe uma visão cíclica relativa à evolução na manufactura da forma, assente na pretensa deambulação entre a sobriedade clássica e a fantasia barroca⁷. De facto, uma breve análise da história da teoria (arquitectónica) denotará certamente a tendência de oscilação formal entre o rígido e o fluido, entre *parataxe* e *sintaxe*⁸; entre, simplisticamente, o angular e o curvilíneo. Tal flutuação está indubitavelmente marcada na década de noventa do século passado, como explica Mario Carpo (2004: 14):

“Obviously, the nineties started angular and ended curvilinear. By the end of the decade, with few exceptions, curvilinearity was ubiquitous. It dominated industrial design, fashion, furniture, body culture, car design, food, critical theory in visual arts, sex appeal, the art of discourse, even architecture.”

Não obstante a generalização polar de Wölfflin, a natureza da variação e própria evolução morfológicas sabe-se frequentemente complexa: diversas conjunturas socioculturais, políticas até, técnicas, funcionais, materiais e económicas influem a forma arquitectónica. Ainda assim, é francamente notória e proeminente a afiliação da forma às técnicas de desenho operativo e conceptual, educadas essencialmente pela Geometria. O processo de alfabetização da arquitectura é de resto convergente a este relacionamento instrumental e nesse sentido, como refere Kipnis (2004: 65), qualquer discurso teórico que especule ou pretenda denunciar mudanças operadas em arquitectura, terá invariavelmente de as questionar enquanto consequência das técnicas de desenho a si contemporâneas.

“Não basta um arquitecto para construir a cúpula de San Lorenzo, em Turim. É necessário um conhecimento matemático; se Leibniz não tivesse descoberto o cálculo integral e os cientistas não se tivessem dedicado a investigar os métodos da geometria descritiva, Guarini não teria podido criá-la.” (Zevi, 1996: 103)

⁶ Publicado originalmente em 1934 (Paris: PUF) e mais tarde (1942) traduzido para inglês com título *The Life of Forms in Art* (New Heaven: Yale University Press).

⁷ Mario Carpo explicita ainda que Wölfflin não caracterizou o Barroco como etapa de declínio ou degeneração, como tantas vezes é conotado. Antes, usa de conjuntos de oposições (linear e pictórico, plano e reentrância, forma fechada e aberta, parte e o todo, etc..) que invariavelmente definem as diferentes fases referidas.

⁸ Face ao enunciado de Carpo (2004: 18), considera-se *parataxe* como constituição gramatical da forma através da aplicação fixa de proposições principais ou regras base, contrastando com a versão *sintáctica* que representa a relação fluida das regras e princípios que regem a organização formal.

Nesses termos, vaticinando o contributo da topologia para a paisagem arquitectónica do vértice secular, o presente capítulo versa uma primeira contextualização da temática, operando uma espécie de genealogia da disciplina em causa. Pretende expor, nesses termos, determinados episódios do natural desenvolvimento interno da Geometria que se entendem fulcrais na formação de conceitos geométricos e noções culturalmente espraiadas que convergem para com aqueles que o domínio topológico hoje discute em arquitectura. Ao fazê-lo, sustenta, intrinsecamente, a metamorfose do próprio conceito de Geometria e inerentes complexificações arquitectónicas, transparecendo, à medida que a descrição se desenvolve, situações notáveis em que tal relação constitui valor acrescentado na significação da obra ou modelos arquitectónicos, e que de alguma forma esboçam a pertinência e preparam o estudo do devir topológico em arquitectura.

EVOLUÇÃO GEOMÉTRICA E TRANSFORMAÇÃO

Como patente na extensa bibliografia própria, embora as primeiras formulações virtualmente geométricas se suponham evolidas logo que o Homem, de modo natural, se tenha interessado pela forma e proporção dos elementos em seu redor, é efectivamente durante a *Época Heróica*⁹ grega, e no seguimento da noção Platónica de campo abstracto de pensamento, que a geometria, seguindo moldes lógico-dedutivos, se desprende do seu conceito etimológico¹⁰ para se conformar verdadeiramente enquanto corpo de conhecimento (Faber, 1983: 46). Paralelo à sua definição disciplinar enquanto estudo das figuras construídas com as estruturas elementares de representação de espaço (ponto, linha e superfície), é o próprio questionamento da realidade espacial pela razão grega que, ao refutar a perspectiva numérica e monadológica do ponto “pitagórico” como seu modelo caracterizador, sustenta a confluência para uma outra visão mais geométrica do mundo.

Como explica Pacheco de Amorim (1969: 397), na perspectiva dos pitagóricos¹¹ o ponto constituía a mónada (elemento mínimo de espaço) e portanto, figurava entidade não desprovida de dimensões e não abstracta, pelo que, a pluralidade descontínua de sua aritmética consubstanciaria factor de impossibilidade para a representação de uma realidade contínua do espaço. Esta ambiguidade na concepção numérica do espaço, discutida aliás nos paradoxos de Zenão¹², acusa sobretudo a então incapacidade explicativa da indissociabilidade espaço-tempo,

⁹ Carl Boyer (apud Veloso, 1998: 41), no seu *History of Mathematics*, usa a expressão para definir o período compreendido entre o V e IV séc. a.C., o qual, sob acção de importantes matemáticos e filósofos, se revelou extremamente rico e activo no desenvolvimento de vários campos académicos, nomeadamente a matemática.

¹⁰ Etimologicamente, *geo* + *metria* – medição de terra. Dahan-Dalmedico (1986: 120) refere, citando Heródote (484-420 d.C.), que a origem da geometria egípcia relaciona-se com a constante necessidade de medição, demarcação e redistribuição de terras imposta pelas cheias do Nilo. A documentação aponta, contudo, para uma geometria então prática, de entendimento rudimentar e sobretudo material (Amorim, 1969: 396). Não se ponderando isoladamente, ela procura de forma empírica o estabelecimento de regras satisfatórias sob o ponto de vista aplicativo, sem nunca ser estudada em si enquanto campo abstracto.

¹¹ Segundo Katz (1998: 48), o grupo pitagórico (séc. VI a.C.) teria como doutrina o número enquanto substância de todas as coisas, ou seja, que números, integrais positivos, formariam o princípio base organizativo do Universo.

¹² Zenão (c.490-425 a.C.) apresenta dois paradoxos que gravitam justamente em torno da indissociabilidade espaço-tempo. Tendo inicialmente os instantes como indivisíveis (com respeito aos integrais pitagóricos) e se, por conseguinte, o tempo for composto por nada senão instantes, então uma flecha pretensamente em movimento não se pode mover nesse instante e, por tal, estará sempre imóvel no espaço – *Paradoxo da Flecha*. Por outro lado, especificando o exemplo hipotético de um atleta e tartaruga, Zenão afirma que o atleta, mais rápido, nunca alcançará a tartaruga, na medida em que quando o primeiro alcançar o ponto onde o perseguido se encontrava primeiramente, este último terá já avançado, e assim sucessivamente, *ad infinitum* – *Paradoxo de Aquiles* (Katz, 1998: 57). Refira-se contudo, à

fixada posteriormente pela noção de velocidade instantânea pela Relatividade de Einstein. Ao défice pitagórico de caracterização da realidade sobrepõe-se a teoria de que ao ponto, linha e superfície subjaz uma existência ideal, *infinita*: a realidade é entendida não pela soma de elementos mas antes pelo produto, ou seja, uma linha recta não será entendida como uma sucessão de pontos mas antes o percurso produzido pelo ponto ao deslocar-se segundo uma direcção, como de resto deixam transparecer as primeiras duas definições do Livro I do *Elementos* de Euclides: “a point is that which has no part” e “a line is breathless length” (Katz, 1998: 60).

A um outro nível, a própria dificuldade de rótulo e compreensão dos números irracionais forçou a preferência no domínio matemático pela sua representação por segmentos de rectas (Meserve, 1983; 235), dessa forma, destituindo o tradicional valor primário do número, e postulando, por conseguinte, uma *geometria sintética*, de axiomática cuidada e precisa formalizada no *Elementos* de Euclides¹³.

E se porventura esta concepção sintética da geometria se revela importante como gestor dos modelos estruturantes da disciplina assentes na comparação e transformação geométricas; igualmente importante no que em particular diz respeito ao seu desenvolvimento interno terá sido a referida racionalização do conceito de *infinito*. Com efeito, a redescoberta e valorização das referências culturais da antiguidade clássica e a emancipação das Artes liberais¹⁴ de severas concepções teológicas características do renascimento cultural estimulam no campo geométrico seiscentista o debate acerca do cariz científico de tal conceito. Será sobretudo por esta via conceptual, juntamente com a aquisição de outras noções de natureza abstracta como é exemplo o *horizonte* ou *ponto de distância*, que a *perspectiva* se irá desenvolver e consagrar-se posteriormente como ciência, através da sua definição no âmbito geral da geometria projectiva (Xavier, 1995: 107).

O humanismo e a *essentia vel natura* do conhecimento renascentista, como coloca Benevolo (2007: 141), propondo o domínio da realidade universal por meio da razão e exigindo uma objectiva percepção da *forma* e representação inequívoca entre imagem e essência dos objectos, estimula o desenvolvimento por parte dos artistas de processos matemáticos de representação no plano da realidade tridimensional do espaço (Kline, 1990: 218). É neste sentido que a *costruzione legittima* (1413) de Brunelleschi (1377-1446), ao emancipar-se das construções para-perspéticas dos pintores do *trecento* italiano (Giotto e Lorenzetti), marca o nascimento do método de representação denominado de *perspetiva artificialis* (Xavier, 1995: 18-19). Como de resto afirma o autor, trata-se de uma construção geométrica precisa, classificada como projecção

semelhança de Bonola (2007: 6), que a sabida falácia do argumento reside no uso do infinito com respeito a entidades finitas.

¹³ *Stoicheia*, ou *Elementos* de Euclides (c.330-275 a.C.) surge como uma compilação de conhecimentos de geometria assentes num sistema de definições e postulados básicos, derivados de axiomas que se creditaram por óbvios ou primários. Em contraponto à matemática das primeiras culturas que envolve sobretudo números e medidas, na “geometria de Euclides”, refere Katz (1998: 60), não há uso de quaisquer números, à excepção de alguns integrais. Nem tanto haverá medição, apenas comparação sem uso de medidas numéricas. Não há também graus. Apenas medida standard de ângulo – o ângulo recto.

Para uma leitura relativa à resenha temática dos vários volumes do *Elementos* de Euclides, veja-se: KATZ, V. – *A History of Mathematics: An Introduction*, Addison-Wesley, 1998. pp. 59-95.

¹⁴ Conceptualmente originárias da Antiguidade, foi nas universidades da Idade Média que a expressão passou a ter o alcance, significado e constituição actuais. Tradicionalmente, as sete Artes liberais englobam dois grupos de disciplinas – o *trivium* e o *quadrivium*. O *trivium* concentra o estudo do texto literário por meio de três ferramentas de linguagem pertinentes à mente – lógica, gramática e retórica. O *quadrivium* engloba o ensino do método científico por meio de quatro ferramentas relacionadas com matéria e quantidade – aritmética, geometria, astronomia e música.

central, que tem por princípio base a intersecção do cone visual, cujo vértice é o observador, com o plano do quadro. Salienta-se que a noção fundamental da perspectiva, do ponto de vista geométrico, é a de projecção e secção. Como refere Xavier ^(1995: 19), se a noção de projecção já existira desde a Antiguidade (lembre-se as projecções cartográficas de Ptolomeu (c.90-168 d.C.)), não será senão através de Brunelleschi que se percebe a relação entre projecção e representação do espaço tridimensional¹⁵.

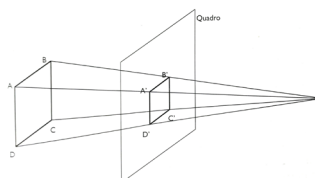


fig. 1.1. Perspectiva de uma figura paralela ao quadro.

Em arquitectura, como define Zevi ^(1996: 73), a revalorização da ideologia clássica impõe essencialmente uma reflexão métrico-rítmica face à incomensurabilidade e dispersão dos espaços românico e gótico. Mas acima de tudo, através da *perspectiva artificialis*, a aproximação do espaço geométrico ao espaço real promove uma mudança epistemológica no quadro geral de projecto: o rigor visual dos traçados perspécticos, para além de potenciar a inteligibilidade e controle prévio do resultado, abarca ademais a presença do observador como constituinte projectual. Aqui, a questão epistemológica é essencialmente bilateral ainda que unívoca. Por um lado, uma inovação *metodológica*: face às valências perspécticas de pré-visualização, aos hábitos e escolhas variáveis *in locus* do mestre construtor medieval, sucede o arquitecto que atrai em si toda a idealização e desenho de projecto ^(Benevolo, 2007: 150-152). Por outro, a inovação *psico-lógica e espiritual*, como lhe atribui Zevi ^(1996: 73): até então o espaço do edifício havia determinado o tempo de caminhada do homem, conduzindo a sua vista ao longo de directrizes queridas pelo arquitecto. Com Brunelleschi, pela primeira vez, já não é o edifício que possui o homem, mas este que, aprendendo a lei simples do espaço, possui o segredo do edifício.

“A lei espacial da Renascença é consequência da perspectiva, isto é, da possibilidade de fixar objectivamente no plano um corpo tridimensional. O individualismo e o imanentismo do século XV derivam desta nova ciência do espaço que permite projectar um edifício no papel, ‘como o homem o vê’” ^(Zevi, 1966: 103)

De resto, como afirma Xavier, o crescente ênfase da centralidade espacial, transversal ao tema arquitectónico e artístico renascentista, surge paralelo à referida geometrização generalizada:

“Ora esta vontade centralizadora, que se estende do edifício à cidade, que é a concretização perfeita do espaço existencial do homem do Renascimento – l’uomo universale – encontra na perspectiva central plena correspondência, além de uma efectiva operacionalidade.” ^(Xavier, 1995: 39)

¹⁵ A diversidade de tratados e métodos perspécticos pós *costruzione legittima* (1413) ilustram ademais a evolução ocorrida no plano da representação perspéctica. Cronologicamente, a *costruzione abbreviata* de Alberti (1435), a *costruzione con il punto della distanza* de Vignola (1545-1583) e a *costruzione con i punti di concorso* de Guidobaldo del Monte (1600). Para uma leitura avançada das suas particularidades, veja-se: XAVIER, João P., *Perspectiva, Perspectiva Acelerada e Contraperspectiva*, Porto: FAUP Publicações, 1995. pp. 107-115.

Com efeito, Bramante (1444-1514), em Santa Maria presso San Satiro (1482), recorrendo ao ilusionismo perspéctico como meio de dilatação de um espaço que se pretende central, ainda que, por força das circunstâncias, enclausurado na forma planimétrica em “T”, concretiza a perspectiva como instrumento intrusivo para a concepção espacial e não apenas passivo na sua forma de representação.

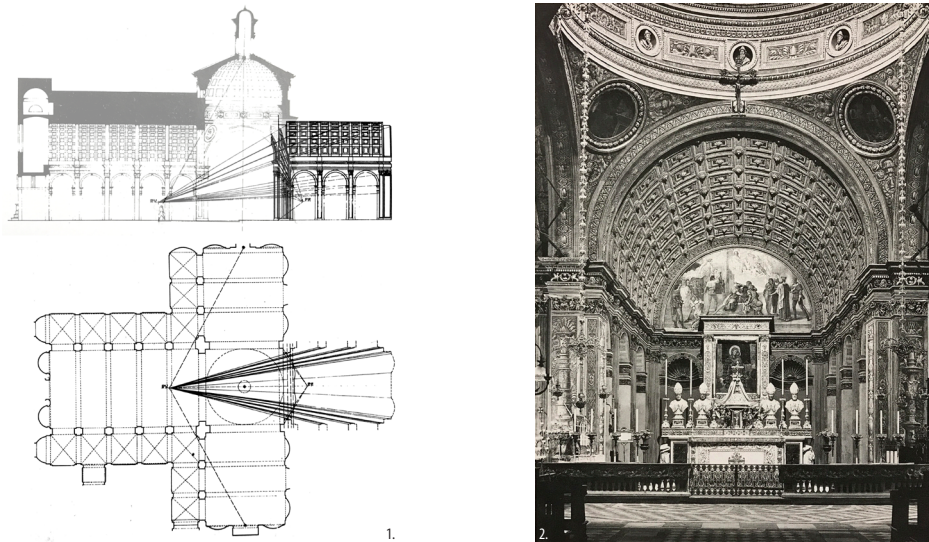


fig. 1.2. Representação em planta, corte e perspectiva da falsa ábside (*finto coro*) da Igreja de Santa Maria presso San Satiro e do ponto de vista no qual o observador abarca visualmente o eixo vertical que assinala o cruzamento da nave com o transepto, não só na sua projecção em planta como também até ao arco onde se abre o lanternim, segundo Xavier (1995, 43-44).

Para além da hábil solução perante um problema dificilmente contornável, como dispõe Borsi (1989: 173), o *finto coro*, ou ábside fingida de San Satiro, surge como síntese de espaço ilusório e espaço real arquitectónico, que encontra no seu ponto de vista implícito e específico, o momento de escolha perfeito à construção sintética (por parte do observador) dos significados e valores culturais que flutuam à obra (Robbiani apud Xavier, 1997: 44). Esta “re-constituição perceptiva do espaço” é ademais tema na silenciosa subversão de tais regras pelo espaço contra-perspéctico de Michelangelo.

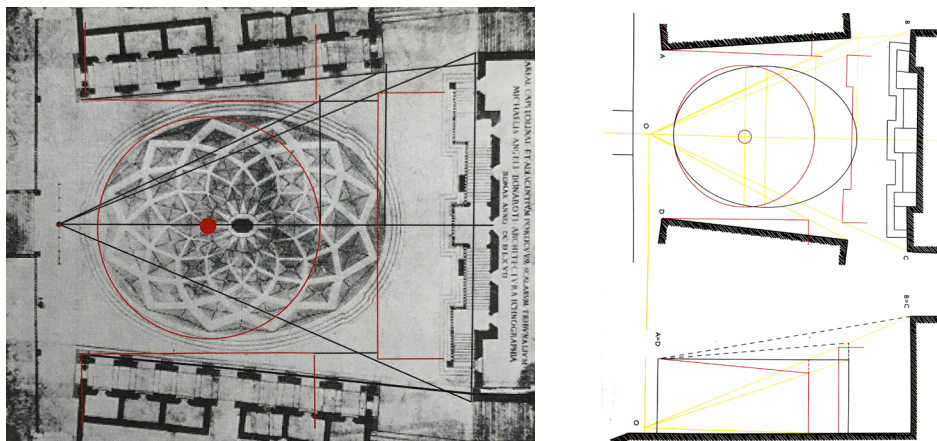


fig 1.3. Reconstituição do espaço virtual da Praça do Capitólio em planta e corte, segundo Xavier (1995, 72). Esta reconstituição a partir do ponto de chegada à praça e que propõe, segundo o princípio da contra-perspectiva, a transformação do trapézio no rectângulo virtual é acompanhada pela metamorfose da oval da plataforma num círculo perfeito.

Como salienta Xavier ^(1995:117), é efectivamente o predicado homológico¹⁶ da perspectiva que concretizará espacialmente o drama maneirista da segunda metade do século XVI, introduzindo ambiguidade no devir espacial ao ‘oscilar’ a canónica espacialidade estática sem, no entanto, a infringir ^(Xavier, 1995: 117).

“... este processo de transformação topológica das configurações envolvidas, experimentável na deslocação através do espaço, desde formas elementares virtualmente apreensíveis a formas mais complexas e mais dinâmicas, que são as que lá [Praça do Capitólio] estão realmente, simboliza a evolução ocorrida no vocabulário formal do renascimento, deixando entrever a eclosão do maneirismo.” ^(Xavier, 1995: 71)

Não obstante as repercussões arquitectónicas desenhadas, o desenvolvimento da perspectiva e sobretudo a percepção das suas propriedades homológicas têm, mais que tudo, consequências específicas na estruturação disciplinar da Geometria. Como refere Dahan-Dalmedico ^(1986: 128), a integração matemática dos métodos projectivos, já em pleno século XVII, e sobretudo, o reconhecimento das premissas homológicas da perspectiva desenhadas no Teorema de Desargues¹⁷ (1636) e consagradas mais tarde por Poncelet, revoluciona a teoria das cónicas e, mais importante, legitima a geometria projectiva enquanto ramo específico da Geometria¹⁸. A ênfase do seu método geral através da projecção e secção, abre inconscientemente uma outra concepção de generalidade. Como afirma Kline ^(1990: 300), muitos dos teoremas de então, Desargues incluído, lidam com a intersecção de pontos e rectas, e não com medidas comparadas de rectas, ângulos e áreas, como patente na operatividade da geometria Euclidiana. Neste sentido, ainda que inconscientemente, um novo ramo de geometria eclodira, na qual propriedades de localização e intersecção se sobrepõem às métricas.

“The Renaissance artists and geometers opened up new themes which the Greek world did not grasp, the investigation of the properties of intersections of lines, cross ratio, duality, projection and section, and, above all, the theme of properties invariant under projection and section. Projective geometry is now a vast branch of mathematics because it does offer latitude to intuition, new methods of proof, elegant results, and aesthetically satisfying ideas. This subject born of art makes its primary contribution to mathematics as an art.” ^(Kline, 1967: 248)

E, com efeito, esta matéria torna-se fundamental para a reformulação dos princípios caracterizadores do domínio geométrico e, de resto, basilar ao tema topológico.

A importância da operação geométrica *projecção*, trazida eloquentemente pela perspectiva, não terá sido apenas a da potenciação da geometria projectiva e conseqüente alargamento daquela

¹⁶ Por homologia entende-se as propriedades daquilo que é semelhante ou tem equivalência ou correspondência.

¹⁷ O teorema demonstra que, se dois triângulos são projectivos, e por tal homólogos, as intersecções dos lados correspondentes estão alinhados segundo uma recta ^(Xavier, 1995: 107).

¹⁸ Jean-Victor Poncelet (1788-1867), no seu *Traité des propriétés projectives des figures* (1822), renova os princípios regentes à obra de Desargues, integrando-os coerentemente numa síntese geral das ideias projectivas. Como o explica Katz ^(1998: 787), a necessidade da introdução do *ponto no infinito* enquanto ponto de intersecção das rectas paralelas ordinárias, leva à assumpção de que o conjunto de pontos no infinito, num dado plano, constituem uma recta no infinito. Considera-se portanto este novo objecto, o plano projectivo, constituído pela não distinção entre pontos comuns (euclidianos, entenda-se) e pontos no infinito, uma vez a projecção central traduzir os primeiros nos segundos e vice-versa. É neste sentido evolutivo de uma nova semântica relativa às paralelas que Poncelet considera a geometria projectiva como um ramo autónomo da Geometria, com seus princípios e métodos específicos, resultados próprios e objectivos bem definidos. Trata-se sobretudo de um novo ramo de geometria, mais geral que a de Euclides, e que inclui a geometria euclidiana, a perspectiva e as projecções paralelas num único processo.

Euclidiana, mas sobretudo, a de ter inquirido implicitamente a própria noção de *transformação geométrica*, enquanto operação que faz compreender a uma figura, uma outra.

Subjacente a esta está com certeza a *contínua mutação de uma forma geométrica*, já desenhada por Kepler no seu *Astronomiae pars Optica* (1604), no qual teoriza o facto da parábola, elipse, hipérbole e círculo serem, de forma abstracta, continuamente deriváveis entre si (Kline, 1990: 299).

Apesar de não intuitiva, tal concepção soa, não menos importante, lógica: ao conceber-se uma elipse de focos, um fixo e outro móvel, movendo este último até ao infinito, a elipse tornar-se-á uma parábola. Por sua vez, trasladando o foco para o outro lado do foco estacionário, a parábola transforma-se em hipérbole. Por seu turno, quando os dois focos da elipse se aproximam, esta torna-se um círculo. E porventura se os dois focos de uma hipérbole se aproximam, esta degenerar-se-á em duas rectas.

Esta concepção geométrica “maleável”, então ainda desprovida de discurso científico e tida apenas como curiosidade, substancia o que hoje se tem como princípio régio da topologia e aquilo que Felix Klein (1849-1925) considerou como basilar na dedução da existência de propriedades geométricas que são de todo independentes, não só do conceito de medida como até da natureza dos próprios elementos em causa, na medida em que dizem respeito apenas à relação recíproca desses mesmos elementos. Baseado nas teorizações de Euler (1707-1783) e Riemann (1826-1866) acerca das relações de posicionamento e de *variabilidade* enquanto noção geométrica geral e elementar, Klein introduz a noção de grupo de transformações contínuas cujas invariantes serão estudadas *a posteriori* pela Topologia (Katz, 1998: 780)¹⁹.

Este estudo e compreensão das propriedades advindas de tal afinidade geométrica – leia-se, *transformação* – introduz, por sua vez, novos panoramas conceptuais de organização disciplinar da Geometria. Felix Klein através do seu *Erlangen Programm* (1872) explora a noção de que os vários ramos geométricos do séc. XIX, incluindo a geometria não-Euclidiana, poderiam ser unidos e classificados segundo o entendimento da geometria enquanto estudo daquelas propriedades relativas às figuras que permanecem invariantes sobre a acção de um grupo particular de transformações no espaço a elas subjacente (Katz, 1998: 791). Com base no princípio de Klein, se a Geometria procura os processos estruturantes de um espaço “idealizado”, ao analisar propriedades de uma figura geométrica, ela indagará por propriedades gerais desse mesmo espaço ou grupo, ou seja, propriedades que, sob processos de transformação, se mantenham invariantes e resguardem igualdade entre figura inicial e transformada. O princípio instaura uma ordem sobre os grupos de transformação e portanto, sobre as próprias geometrias, uma vez corresponder a cada grupo uma geometria²⁰. E nesse sentido, usando da retórica de Amorim (Amorim, 1969: 403), a questão essencial resume-se pelo

¹⁹ Euler havia já notado aquando da problemática das *Sete Pontes de Königsberg*, a existência de um ramo específico da geometria, na qual as relações dependem somente do carácter de posicionamento e não, de todo, do de magnitude. Por outro lado Riemann (1826-1866) no seu estudo acerca das *Hipóteses que jazem na Fundação da Geometria*, assumindo o espaço de n dimensões, teria já delineado o conceito de *variabilidade* enquanto noção geométrica geral e elementar (Katz, 1998: 780).

²⁰ Sobretudo, Klein torna explícita a ideia de que cada linguagem geométrica tem os seus conceitos próprios e apropriados: à geometria projectiva concernem justamente as secções cónicas, mas não directamente círculos e ângulos uma vez tais noções não serem invariantes sob transformações projectivas. Por sua vez, à geometria clássica Euclidiana corresponderão as propriedades invariantes ao grupo composto pelas transformações rígidas no plano (rotação, simetria).

conceito de figuras iguais: com base na geometria Euclidiana, duas figuras são iguais se através de um deslocamento for possível fazê-las coincidir. Na geometria Projectiva, elas serão iguais se uma resultar da outra por projecções e intersecções. Por sua vez, em Topologia, serão iguais se uma se obtiver da outra através de uma homeomorfia, ou seja, transformações/deformações biunívocas e bicontínuas (Meserve, 1983: 289).

Esta racionalização do domínio geométrico conduz à decomposição dos elementos que constituem o próprio conceito de espaço, “abstractizando-o”, e dessa forma, contribui para a distinção clara entre espaço matemático e espaço físico.

“Bertrand Russell has said that in mathematics we never know what we are talking about. This means that nowadays mathematics is not concerned with truth, but with validity. Not with whether it necessarily applies to the world as it is, but whether it makes logical sense within its own boundaries and according to its own rules.” (Barr, 1989: 162)

Constrói-se, pois, aquilo a que Hilbert denominou de *geometria racional*: abstracta, de axiomática arbitrária (desde que constituída por axiomas independentes e compatíveis) e convergente com a essência mais pura da matemática: *a análise da estrutura do pensamento e dos seus métodos* (Amorim, 1969: 405)²¹.

Tornando-se evidente, no seguimento do descrito, que o progresso na conceptualização da Geometria decorre em torno da noção de *transformação*, convém, por outro lado, assinalar que a própria ramificação da disciplina (enquanto consequência desta abstracção) fundamentará, em último reduto, concepções outras que não a Euclidiana, ainda que coerentemente aplicáveis ao espaço que nos envolve. De facto, a reformulação do sistema axiomático da Geometria que levou à descoberta da geometria não-Euclidiana, estruturou um marco fundamental e um momento charneira na epistemologia da disciplina. Mais importante, extravasando os seus limites, o episódio surge culturalmente tão significativo e catártico que efectivamente se traduz, a par da Teoria da Evolução, como um dos dois momentos que terão mais profundamente revolucionado o desenvolvimento intelectual desde o século XIX (Kline, 1967:452), e, por tal, invariavelmente inflectido o domínio arquitectónico.

NÃO-EUCLIDIANISMO, RELATIVISMOS E COMPLEXIFICAÇÕES: MORFOSSINTAXE ARQUITECTÓNICA

Christian Bök (2002: 14), citando aquilo que Shklovsky terá denominado de *táctica de ostranenie* ou de dissensão, refere que determinadas revoluções científicas concluem-se como sendo nada mais do que revoluções metafóricas, nas quais a originalidade de processos fundamentam a dramatização de um sistema, minando a sua automatização de raciocínio. As mudanças paradigmáticas que delas advêm revelam sobretudo que a axiologia do sistema primário envolve secretamente um *reductio ad absurdum* revelador de sua aporia. Este é, muito sumariamente, o caso da descoberta, ou se melhor quisermos, invenção da geometria não-Euclidiana.

²¹ Richard Courant e Herbert Robbins (apud Emmer, 2004: 21) definem a quintessência da matemática pela *estrutura e relações*, conceitos esses de primo interesse à *praxis* arquitectónica, segundo Emmer (2004: 21).

A sua história emerge com a rejeição do quinto e último postulado do livro de Euclides (c.330-275 a.C.), ou comumente referido por postulado das paralelas²², sobre o qual Proclus (412-485 d.C.), no seu *Comentário* a Euclides, havia já descrito como sendo “estrangeiro” ao carácter geral do conjunto de postulados, na medida em que se apresenta pouco imediato e evidente por si mesmo face aos outros quatro primeiros²³. Pelo que, na procura de sua simplificação, adoptou-se vulgarmente a sua consequência interpretativa – *Axioma de Playfair* – que postula que *num determinado ponto exterior a uma dada recta, passará apenas no plano de ambos uma única recta paralela àquela dada*.

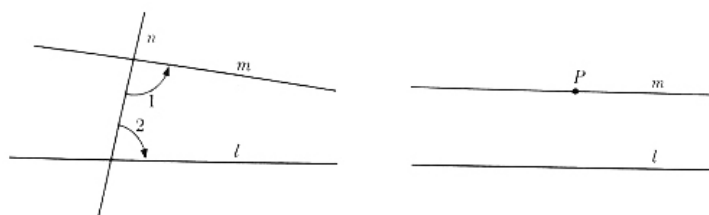


fig. 1.4. Axioma de paralelismo de Euclides (esq.) e Axioma de paralelismo de Playfair (dir.).

As contínuas tentativas sofridas da sua prova potenciaram, contudo, o questionamento da sua veracidade, pondo em causa, sobretudo, as implícitas asserções daquilo que acontece no espaço físico muito para além da experiência humana (Kline, 1967: 461). É de resto nesse sentido que Karl Friedrich Gauss (1777-1855), Nicolai Lobatshevsky (1793-1856) e Johann Bolyai (1802-1860), em comunhão de ideais, sublinham a possibilidade lógica de adopção de um axioma das paralelas fundamentalmente diferente do euclidiano, construindo, dessa forma, uma nova geometria igualmente válida e porventura descritível do espaço físico²⁴. Lobatshevsky, primeiramente no seu *On the Principles of Geometry* (1829) e posteriormente nas suas *Investigações Geométricas acerca da Teoria das Linhas Paralelas*²⁵, estipula claramente a sua nova definição de paralelas:

“all straight lines which in a plane go out from a point can, with reference to a given straight line in the same plane, be divided into two classes – cutting and not-cutting. The boundary lines of the one and other class of those lines will be called parallel to the given line.” (Lobatshevsky apud Katz, 1998: 775)

A sua geometria Imaginária ou *Pangeometria* assume portanto as paralelas não por equidistantes mas antes assintóticas (Bonola, 2007: 93).

²² O V Postulado dita que se uma recta n intersecta duas outras m e l de tal forma que a soma dos ângulos interiores do mesmo lado de n (1 e 2) for menor que a soma de dois ângulos rectos, então as rectas m e l intersectam-se no lado de n onde a soma dos ângulos interiores é menor que dois ângulos rectos.

²³ São eles, como descreve Katz (1998: 60-62):

1. Qualquer par de pontos poderá ser unido por um segmento de recta; 2. Qualquer segmento de recta poderá ser extensível para formar uma recta; 3. Qualquer círculo poderá ser desenhado através de um dado centro e distância; 4. Dois quaisquer ângulos rectos são invariavelmente iguais.

²⁴ Gerolamo Saccheri (1667-1733) havia já chegado a tal possibilidade, apesar de a ter refutado (Bonola, 2007: 43). Segundo Bonola (2007: 39-43), Saccheri no seu *Euclides ab omni naevo vindicatus* (Euclides livre de qualquer falha) querendo provar o quinto postulado euclidiano através do método indirecto (*reductio ad absurdum*), verifica, pelo contrário, que por um dado ponto não pertencente a dada recta, existem duas rectas que não se encontram nem têm perpendicular comum com a recta dada, mas que se aproximam desta “assimptotamente”, uma em cada direcção. Faber (1983:145) refere que estas suas considerações antecipam por um século a teoria das paralelas de Lobatshevsky.

²⁵ *Geometrische Untersuchungen zur Theorie der Parallellinien*, 1840.

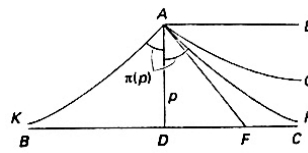


fig. 1.5. Ângulo de paralelismo de Lobachevsky.

Através de conceitos de ângulo e direcção de paralelismo, Lobatschevsky estabelece uma ciência lógica e coerente²⁶ baseada nos quatro primeiros postulados Euclidianos e na negação por alteração do quinto, estabelecendo, como visto, que por um ponto exterior a uma recta passam mais do que uma paralela à recta dada.

Acima de tudo, como salienta Kolarevic (2003a:14), o episódio, ao desenvolver geometrias baseadas em relações não-Euclidianas, descobriu outras possibilidades espaciais desconexas de uma intuição primária euclidiana. Bernhard Riemann, ao conjecturar que a experiência não atesta a existência de quaisquer linhas paralelas, e por tal assumindo que quaisquer duas linhas rectas se cruzam, interpõe tal teoria como alternativa ao quinto postulado euclidiano (Kline, 1967: 461). Complacente com uma nova interpretação de linha – a geodésica²⁷ – a geometria de Riemann, também conhecida por “geometria esférica”, pressupõe que entre dois pontos haja um único círculo que os una pelo que, conseqüentemente, exclui a existência de paralelas. Mais, quaisquer perpendiculares a uma recta dada cruzam-se invariavelmente num mesmo ponto, pelo que, contrastando com as sabidas premissas euclidianas, a soma dos ângulos de um triângulo será sempre superior a 180° .

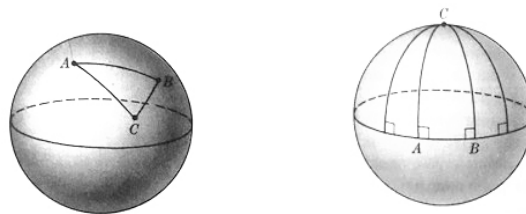


fig. 1.6. Triângulo esférico formado por segmentos de geodésica. A soma dos ângulos do triângulo será sempre superior a 180° .

De entre as geometrias particulares citadas emerge o conceito de espaço físico enquanto variação de curvatura constante, introduzido por Riemann e von Helmholtz (1821-1894), face à possibilidade de três espaços: o *espaço Euclidiano* (de curvatura nula), o *espaço Hiperbólico* de Gauss, Lobatschevsky e Bolyai (com múltiplas paralelas e de curvatura negativa); e o *espaço Esférico* de Riemann²⁸ (sem paralelas e de curvatura positiva). Segundo este conceito

²⁶ Apesar de aparentemente se tratar de uma fuga de sintaxe face à comumente creditada promiscuidade entre a noção de paralelismo e equidistância, a questão é que esta nova geometria é uma ciência apoiada em premissas auto-dedutivas, e por tal, livres de qualquer contradição interna. E como refere Bonola (2007: 93) a prova de tal cinge-se simplesmente à possibilidade de expressão/descrição desta geometria analiticamente.

²⁷ Linha que, sobre uma determinada superfície, curva ou não, traça a distância mais curta entre dois pontos. Figura portanto uma interpretação mais generalizada da recta, sobretudo mais abrangente das definições específicas da superfície/plano onde se insere.

²⁸ Relativamente a este sistema, convém clarificar que, ao contrário dos outros dois, a linha recta, ou geodésica, é uma linha fechada. Como explica Kline (1967: 461), Riemann havia observado que a experiência sugere não a extensão infinita da linha recta mas sim o seu carácter infinito. O melhor exemplo clarificador será o círculo: a possibilidade de

global de curvatura de espaço, o regime planar Euclidiano figura um simples caso notável da geometria, um ponto especial na escala infinita de flexão ou desdobração, e que produz no plano manifestação de um equilíbrio estabelecido entre diversas influências que vigoram no “encurvamento” do espaço. Neste sentido, perante uma concepção Riemanniana do espaço, considerar-se-ão o “cubo” e o “blob” como simples instâncias de uma escala móvel de complexidade formal, cujas transições ou mutações estão manietadas à variação de parâmetros do espaço dentro do qual se definem.

Baseada, de resto, nos desenvolvimentos geométricos enunciados, a teoria da Relatividade de Einstein (1879-1955) acaba por mostrar veementemente como a física Newtoniana, assente por sua vez numa estrutura univocamente Euclidiana, faltou em considerar a curvatura e a multi-dimensionalidade do espaço²⁹. Esta equação da dimensionalidade espaço-tempo enquanto uma geometria não-homogénea é, de resto, complacente com o estudo dos sistemas complexos e dinâmicos próprios de uma erosão do determinismo. De facto, a percepção da existência de geometrias não-Euclidianas que possam descrever o espaço físico, como é o caso da Riemanniana, mais do que expandir a disciplina internamente, teve profundas implicações na própria epistemologia matemática, e por arrasto, ciência e cultura.

O alargamento do conceito de geometria sugeriu uma matemática mais complexa do que o simples estudo das relações e implicações de verdades axiomáticas acerca dos números e figuras geométricas. Como afirma Kline ^(1967: 471), porventura a maior consequência da descoberta, ou criação, das geometrias não-Euclidianas terá sido a tomada de consciência de que a matemática não oferece a verdade: não mais limitada por um único caso justificativo da natureza, a ciência poderá propor diversos modos de raciocínio ^(Bök, 2002: 12). Sobretudo, o episódio ensina à matemática a possibilidade de investigação de axiomas enquanto convenções³⁰ e não como verdades necessárias, e nesse sentido, oferece à primeira uma nova dimensão de abstracção e liberdade, ainda que paradoxalmente possa dessa forma classificar ou caracterizar fenómenos físicos.

“Herein lies one great value of mathematics. Abstract mathematical relationships, seemingly outside the realm of physical reality, are the key to large classes of physical phenomena.” ^(Kline, 1967: 548)

A enorme expansão da actividade e conceitos matemáticos no último centénio é, em parte, consequência desta mesma liberdade ^(Kline, 1967: 474). E tendo em conta o papel primordial da matemática nas estruturas científicas e as implicações do conhecimento científico na estruturação do intelecto humano, a reformulação no próprio entendimento da natureza da

“circulá-lo” é infinita, mas a sua extensão é finita. Neste sentido, Riemann propõe a alteração do axioma Euclidiano, atrás já referido, de que uma linha recta estende-se infinitamente por aquele que estabelece que ela é infinita.

²⁹ De forma sucinta, a relatividade de Einstein requer, explica Kline ^(1967: 470-471), que tanto *posicionamento* como *tempo* sejam tratados conjuntamente de modo que um qualquer objecto ou evento se descreva não só pelas coordenadas tridimensionais como também pelo valor de tempo sobre o qual o dito objecto/evento ocorre na posição x, y e z; pelo que a geometria relevante abarque as quatro dimensões. Este simples facto em si não implica necessariamente recorrer a uma geometria não-Euclidiana, como contrapõe o autor. Ainda assim, como segue referindo, a explicação do fenómeno de atracção gravitacional implicará a consideração do tetra-dimensional espaço-tempo enquanto uma geometria não-homogénea.

³⁰ Poincaré ^(apud Emmer, 2005: 78), em *La Science et l'Hypothèse* (1968), afirma que os axiomas geométricos não deverão ser considerados julgamentos de um *a priori* sintético nem factos experimentais. Antes, são convenções, livres, apenas limitadas pela necessidade de evitar quaisquer contradições. Sobretudo serão definições sob disfarce. Mediante tal, a questão que se impõe é perceber que não existe uma geometria verdadeira ou mais verdadeira que outra, apenas mais conveniente. A Euclidiana continua a ser a mais conveniente.

matemática não poderá significar senão alterações nas concepções científicas e filosóficas, e por consequência, na produção artística e no pensamento social.

Toda uma tradição determinista e mecanicista própria da crença numa verdade tangível e holística é destronada pelo advento não-Euclidiano. A procura de *standards absolutos* nas diversas áreas do produto intelectual humano – direito, ética, economia entre outros – dissipase agora em estruturas culturais de indeterminação ou relativistas.

The 18th century French mathematician, Laplace, once claimed that if he were told the position and momentum of every particle in the universe at a single instant in time, he could predict the entire future and reconstruct the whole of the past. I doubt that anyone has ever believed this could really be done, but it has defined the project (...).

Of course this world view did not begin with Newtonian mechanics. It is a part of European culture that goes back to the mathematics of the Greeks and to the Old Testament tradition of a single deity (...). A Talmudic scholar and a theoretical physicist have a lot in common. But it was given a tremendous boost by Newton and his successors, who created an enormously successful science based on it.

(...) Ironically, physicists themselves no longer believe in the solid, deterministic, clockwork universe that gave such support to the paradigm. (Saunders, 2001: 110)

Esta atitude nitidamente contrastante com uma postura holística culturalmente enraizada e legada pela antiguidade clássica, convulsiona invariavelmente a sua estética própria. Como afirma Kolarevic (2003a: 14), o pensamento arquitectónico ao longo dos séculos baseia-se firmemente no regime Euclidiano e nos sólidos Platónicos – como de resto patente no *Vers une architecture* de Le Corbusier. O cilindro, pirâmide, cubo, prisma e esfera, considerados formas essenciais e primitivos geométricos absolutos na arquitectura egípcia, grega e romana, são hoje percebidos não como arquétipos únicos e isolados mas sim como casos especiais ou específicos de uma superfície quádrica. Em boa verdade, à medida que as concepções do espaço transitam da tridimensionalidade do espaço Cartesiano para um *continuum* dimensional de interações entre espaço e tempo, outras dimensões conceptuais, relativistas, abrem possibilidades intrigantes e potencialmente valoráveis ao discurso e teoria arquitectónicos.

“An architecture of warped multidimensional space would move beyond the mere manipulation of shapes and forms into the realm of events, influences and relationships of multiple dimensions.” (Kolarevic, 2003a: 15)

A introdução de software de modelação digital no desenho arquitectónico comparticipou precisamente uma geometria de curvas e superfícies contínuas, temporal no seu processo de relacionamento entre elementos e, por tal, topológica³¹. Ainda assim, muito antes do advento digital, poder-se-ão encontrar investigações arquitectónicas pontuais que exploram sobretudo de forma empírica e experimental, o potencial das propriedades formais e estruturais das configurações não-Euclidianas e dos processos temporais na geometrização da forma. Focamos sobretudo na obra de Antoni Gaudí (1852-1926) e mais tarde de Frei Otto (1950), onde a geometria não-euclidiana, evocando a continuidade formal da natureza, se postula como base generativa e síntese entre forma e estrutura. Mais do que considerar a Geometria enquanto construção matemática abstracta, os autores entendem-na como conjunto de princípios operativos e estruturais manifestos na Natureza.

³¹ Estas curvas e superfícies típicas de uma arquitectura do *avantgarde* digital, matematicamente descritas por *Non-Uniform Rational B-Splines* (NURBS), serão desenvolvidas no segundo capítulo.

Através das famosas maquetas invertidas suspensas que promovem o cálculo funicular, Gaudí reclama um estudo formal que acaba por aproximar a qualidade das criações arquitectónicas da optimização natural das estruturas encontradas na natureza, e nesse sentido, propondo uma exploração formal síncrona com a própria optimização estrutural das soluções. As suas formas geométricas orgânicas rigorosamente definidas e manipuladas através do método de modelação de curvas catenárias, são concretizadas através da articulação de geometrias regradas complexas, como sejam as superfícies helicoidais, parabolóides de revolução e hiperbólicas, e hiperbolóides. Estas geometrias, cuja eficácia estrutural sintetiza a sua relação optimizada com a arquitectura (Poros, 2008: 234), definem-se, de um modo alargado e sob o ponto de vista matemático, por superfícies curvas, de maior ou menor grau e complexidade, como sejam o simples cone ou cilindro, ou as mais complexas e não-euclidianas, já citadas, parabolóides hiperbólicas e hiperbolóides³² (Weisstein apud Poros, 2008: 233).

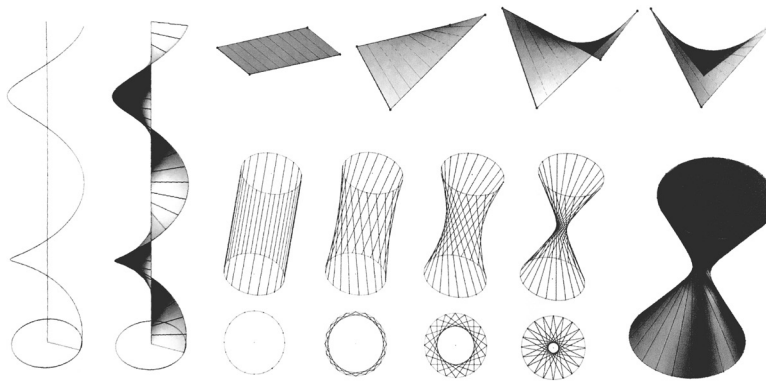


fig. 1.7. Esquemas de construção dos tipos de superfície utilizados por Gaudí, segundo José Pedro Sousa (2006: 28): helicóide (esq.), parabolóide hiperbólico (dir. em cima) e parabolóide de revolução (dir. em baixo). Estes são esquemas de construção simples, conseguidos através da deslocação de uma linha recta (geratriz) segundo linhas guias (directrizes), produzindo todavia superfícies de curvas de grande complexidade.

Apesar da sua aparente aleatoriedade e complexificação expressiva, o domínio espacial Gaudiano evidencia uma clarividência geométrica notável, regrada, que regula e satisfaz o pretendido formalismo estrutural contínuo, inusitado à época³³. E é mediante este contexto gaudiano, geometricamente meditado, que Bonet (2006: 153) rotula tais formalizações não-euclidianas como a grande oportunidade que o autor aporta à história da arquitectura, abrindo um futuro que segue aplicando conscientemente os seus benefícios estruturais, ainda que mediante paradigmas tecno-culturais diferentes. Futuro esse particularmente localizado no *expressionismo estrutural* (Montaner, 2001: 52-53), e à medida que os autores capitais à corrente, tirando

³² Como explica Sousa (2006: 28), uma superfície regrada define-se através da deslocação de uma linha recta no espaço (geratriz) segundo linhas guias (directrizes). E como sistematiza Poros (2008: 233): define-se um plano, se as directrizes são coplanares (lembre-se, como já apresentado atrás, que uma superfície de curvatura nula é um plano); se não-coplanares, definir-se-á uma parabolóide hiperbólica; e se curvas, uma parabolóide hiperbólica ou hiperbolóide, dependendo se se tratar de um segmento ou uma circunferência, respectivamente.

³³ José Pedro Sousa (2006: 29-31), anuindo a tal continuidade entre os tipicamente dissociados elementos estruturais verticais e horizontais, não deixa de verificar a sua efectiva relação com as posturas actuais de produção arquitectónica digital. Neste contexto, ilustra ainda a preponderância da introdução do computador na conclusão do próprio projecto e obra da Sagrada Família. Mark Burry (2003: 153-162) explicita, de resto, a recorrência aos processos avançados de modelação paramétrica, prototipagem rápida e fabrico por CNC nesse mesmo âmbito. O seu trabalho enquanto arquitecto consultor da comissão que preside a realização da Sagrada Família, diz Spiller (2006: 31), para além de possibilitar a (re)descoberta dos sistemas geométricos de Gaudí, terá também desenvolvido uma nova forma de conceber o futuro desenvolvimento da morfologia arquitectónica nos termos de um método geométrico com o qual se reconcilia a exigência do mundo real com o potencial avassalador do mundo virtual “ciber-plástico”.

partido dos avanços tecnológicos e materiais, e valorizando as qualidades estruturais das configurações não-Euclidianas, assumem na plasticidade do desenho hiperbolóide e parabolóide hiperbólico argumento concorrente a uma revisão formal face à ortodoxia racionalista de carimbo geométrico prístino.

Além da sabida preponderância do desenvolvimento do betão e, mais tarde, dos plásticos e têxteis na produção morfológica a partir de meados do século XX (Kloft, 2005: 137), como nos reporta Poros (2008: 234), as propriedades geométricas da superfície de dupla curvatura, actuando como uma membrana na qual, idealmente, as forças estão subjacentes à compressão ou tensão, habilitam a realização de largos espaços com o mínimo de material, através de estruturas em concha extremamente finas.

Vladimir Shukhov (1853-1939), percebendo as possibilidades de tais configurações, havia já apresentado, na Exposição Pan-Russa de 1896, três obras que, correspondendo à tipologia que esta demanda, evidenciam um vocabulário formal e construtivo alheio à tradição.

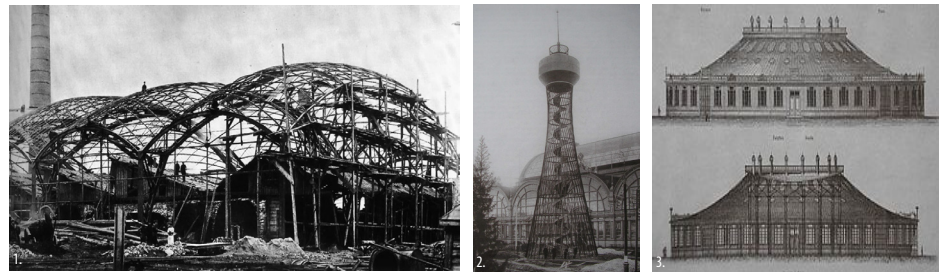


fig. 1.8. Da esquerda para a direita, *Gridshell Structure*, Nizhni-Novgorod, Rússia, 1896 que se caracteriza por uma estrutura em concha que deriva a sua resistência na dupla curvatura que a organiza; *Hyperboloid Structure*, Nizhni-Novgorod, 1896; *Rotunda Shukhov*, Nizhni-Novgorod, cuja cobertura consistia numa estrutura tensionada em aço.

Mais tarde, já com o uso dos materiais acima assinalados, surgem outras explorações expressionistas que, usando estas configurações que partem de raciocínios de economia funcional e de meios, preconizam uma humanização do regime morfológico modernista.

“Space frames, hanging roofs and concrete shells are all legitimate prey in what is pronounced a move to humanize the arid, primitive idiom left to us by the pioneers (of modernism). ‘Structuralism’ is originality’s new escape valve.” (Candela apud Poros, 2008, 234)



fig. 1.9. Para além dos acima representados Félix Candela e Joaquín Álvarez, *Restaurante Los Manantiales*, Xochimilco, México, 1957 (à esquerda) e Eero Saarinen, *Terminal da TWA*, Aeroporto Kennedy, Nova Iorque, 1956-62 (à direita), lembrem-se ainda, a título exemplar, Pier Luigi Nervi, *Palazetto dello Sport*, Roma, 1956-1957; Kenzo Tange, *Piscinas Cobertas para os Jogos Olímpicos de Tóquio*, 1964 e *Catedral de Santa Maria*, Tóquio, 1964.

Intrínseco a este plano reformativo da sintaxe arquitectónica, abordado por Wölfflin (apud Montaner, 2001: 41) enquanto evolução de uma arquitectura prismática para uma outra disseminada, o demais manifesto interesse arquitectónico pela plasticidade *biomórfica* surge como reflexo não só do potencial técnico-funcional como também expressivo do próprio espírito cultural da época. Considerações várias que levaram à humanização e expansão do racional moderno por Aalto, Asplund, Scharoun, etc., como parte de “uma outra tradição” moderna (Powell, 2004: 23) e, em particular, tensão e ansiedade arquitectónicas subjacentes àquelas estruturas não-Euclidianas do universo orgânico (e) expressionista³⁴, são aliás entendidas, segundo Salvadori e Raskin (apud Poros, 2008, 235), como subproduto de um argumento mais amplo, sócio-cultural, que considera a calma e serenidade do objecto Platónico obsoletas enquanto expressões da época, e nesse sentido, admitindo as estruturas disseminadas, em concha, globais e contínuas, não só resultado dos avanços tecnológicos como sinal inevitável da estética do século XX³⁵. Com efeito, sabe-se a expressão artística do século revolver univocamente em torno da questão espaço-tempo e a sua quintessência – o movimento – influir sobremodo nas suas representação e conceptualização morfológicas.

“Toda a arte modernista se encontra intimamente ligada às novas teorias científicas sobre o espaço e o tempo, que começaram a surgir nos finais do século XIX e se consolidaram no século XX. Referem-se às geometrias não euclidianas, à teoria da relatividade e à passagem da física clássica para a física dos quanta (teoria das micro-partículas em movimento).

O espaço e o tempo têm como essência o movimento, o que permite compreender as seguintes propriedades: objectividade, continuidade e descontinuidade, heterogeneidade qualitativa. Estas propriedades são importantes para a criação do novo objecto artístico acrescido dos novos conceitos da vivência do homem.”

(Consiglieri, 1999: 23-24)

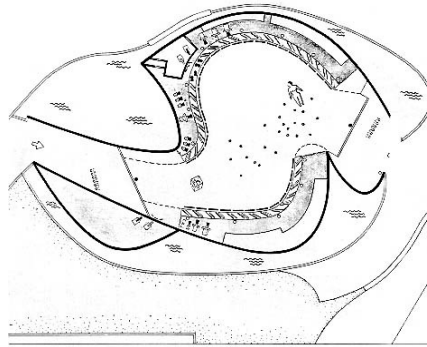


fig. 1.10. *Philips Pavilion*, Bruxelas, 1958, de Le Corbusier. Imagem e planta do edifício que, para além da sua estrutura parabolóide hiperbólica, através do seu poema electrónico produzido em parceria com Iannis Xenákis e Edgard Varèse, antecipa, como nos transmite Montaner (2001: 50), uma atitude francamente contemporânea, de síntese artística e tecnológica entre imagem, espaço, música e palavra.

³⁴ Sublinham-se, a título exemplar, o *Einsteinturm* de Erich Mendelsohn (1921), a *Capela Notre-Dame-du-Haut de Romchamp*, de Le Corbusier (1950-55), a *Sala de Concerto da Filarmónica de Berlim*, de Hans Scharoun (1956-63), ou mesmo a *Ópera de Sidney*, de Jörn Utzon (1957-74). Salientam-se ainda explorações particulares como aquelas exercidas por Ant Farm, *House of the Century*, Texas, 1972 ou Vittorio Giorgini, *Casa Saldarini em Baratti*, Itália, 1962.

³⁵ Anota-se aqui, em particular, o *Philips Pavilion* para a Exposição Universal de Bruxelas (1958) de Le Corbusier. Este projecto, verdadeiramente precursor de uma postura arquitectónica evoluída e envolvente através das sua síntese entre morfologia arquitectónica e arte espacial, tecnológica e musical, encontra paralelo, como de resto argumenta Bart Lootsma (1998: 34-47), com o *Fresh Water Pavilion* (1998) de Lars Spuybroek/Nox (explorado mais à frente), que através de uma série de mecanismos digitais, proporciona ao transeunte uma experiência imersiva e relacional com o espaço e objecto arquitectónico. Veja-se:

LOOTSMA, B. – En Route to a New Tectonics. In *Daidalos: Architecture, Art, Culture: Constructing Atmospheres*. n.º 68, June 1998. pp. 35-47.

Independentemente de produto sócio-cultural, este escape à geometria pura anuncia, mais que tudo, como confirma Cache (1995: 49), uma aproximação arquitectónica a novos princípios geométricos, mais elásticos e aparentemente complexos, de produção formal. O interesse pela irregularidade das estruturas biológicas e, em particular, nos princípios geométricos e temporais auto-organizativos dos seus sistemas morfológicos, potencia a procura de forma arquitectónica com base nas sabidas dinâmicas naturais de morfogénese.

São prolíficos, neste contexto, os instrumentos de modelação desenvolvidos por Frei Otto que, como o próprio refere, permeando os processos necessariamente transformativos de auto-organização, encontram a forma – “find (a) form” – enquanto substrato material uno entre morfologia e estrutura otimizada (Spuybroek, 2005: 167). Como explicam Hensel *et al* (2004a: 22), forma e força estão neste sentido correlacionadas, na medida em que a forma de uma estrutura é determinada enquanto estado no qual as forças actuantes estão em equilíbrio.

“With modelling I could come very near to the optimum. With models I do not have to use simple geometries, and forms and shapes can be developed and tested for stability against the forces in nature: earthquakes, winds or snow. Most of the mathematics of the minimum surface structures are complicated or unknown, so that it is much faster for me to find the form. (...) A correctly made model does prove a structure.” (Otto cit. in Hensel *et al*, 2004a: 23)

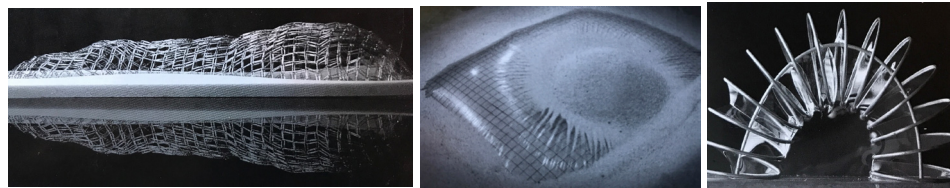


fig. 1.11. Exemplos de processos de *form-finding* elaborados no *Frei Otto – Maeda workshop* realizado em 2003 na AA School of Architecture. Durante o exercício foram realizadas várias experiências incluindo formas invertidas sob compressão (à esquerda), superfícies mínimas (ao centro) e deslocamento de agregados (à direita).



fig. 1.12. O projecto de Frei Otto, *Multihalle* em Mannheim (1975), foi desenvolvido através de uma série de modelos de *form-finding* cuja morfologia, quando considerada otimizada, foi estruturada num modelo de rede suspensa não-rígido. Conforme explicam Hensel *et al* (2004a, 21), esta rede não rígida assume através do seu próprio peso uma forma suspensa espacial curva com forças de tracção actuando sobre ela. A conversão desta forma suspensa, muito à semelhança das maquetas invertidas de Gaudí, figuram a base para a construção das estruturas em concha de dupla curvatura. O modelo suspenso foi medido fotograficamente (à esquerda) e a partir dos resultados das medições as coordenadas dos pontos nodais foram calculadas de modo reverso para as actuais do modelo ampliado construído.

Definindo este processo de *form finding*, seja exercido de modo analógico ou digital, Spuybroek (2005: 168) refere-o como um construtivismo suave – “a soft constructivism, not a Russian mechanistic one” – onde ordem e forma emergem empiricamente durante o processo topológico natural à internalização e equilíbrio de forças extrínsecas. Aqui, geometria co-evolve-se com a materialidade numa coreografia conformativa e organizacional que, por fim,

impõe o substrato *morfo-lógico* e inteligente, nascido da optimização entre necessidades individuais e economia colectiva³⁶.

Esta relação aproximada entre geometria e biologia desenhada no domínio arquitectónico é paradigmática do alargamento do espectro geométrico e da sua particular inflexão no entendimento da morfologia e seu próprio processo.

Para tal contribuiu a percepção de que se porventura as demais teorias relativas aos processos biológicos argumentam uma relação precisa entre a morfogénese e os códigos genéticos, por outro lado, estas não conseguem todavia desautorizar, como coloca Weinstock (2004: 14), o argumento de que não é a forma específica do organismo que está codificada geneticamente, mas sim o processo de auto-geração de forma dentro de um ambiente/ecossistema específico. Este tema foi, aliás, eloquentemente estudado por D'Arcy Thompson (1860-1948) em *On Growth and Form* e já teria sido desenhado de certa forma por Dürer através da aplicação do princípio de coordenadas ao estudo das proporções humanas³⁷.

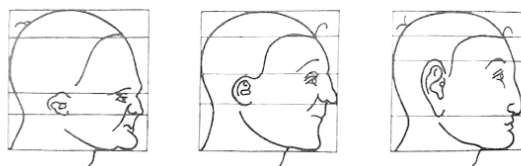


fig. 1.13. Evolução morfológica através da alteração de coordenadas. Thompson (1992: 290), segundo Dürer.

Thompson, pretendendo desenvolver uma categorização matemática das espécies, acaba por fornecer talvez a primeira descrição geométrica de deformação variável enquanto exemplo de um desenvolvimento morfológico descontínuo. A comparação de D'Arcy Thompson das formas relacionadas dentro de um género ou espécie tem por base o reconhecimento de uma forma enquanto deformação de uma outra, no sentido de que ambas são relacionáveis por via da fluidez de transformações nas coordenadas Cartesianas. Segundo Lynn (2004b: 28), ao encarar o tipo inicial como mera provisão a um sistema dinâmico de transformações intrínsecas às forças ambientais externas, a grelha relacional elástica de Thompson acaba por descrever não só o tipo genérico como os particulares eventos que influenciam o seu desenvolvimento. Estes não são redutíveis a um ponto fixo mas antes abrangem uma zona de probabilidade de relação de forças, apresentando, dessa forma, um modelo alternativo de estabilidade inclusiva.

Esta concepção de Thompson vai de encontro àquilo que Alfred Whitehead (1861-1947), contemporaneamente, argumentou como sendo o *processo*, em detrimento da substância, o principal constituinte do mundo, desenhando a natureza enquanto padrões de actividade interagindo entre si (Weinstock, 2004: 13). Com base neste entendimento, forma e comportamento

³⁶ Usando diferentes materiais e objectos, como areia, balões, papel, película de sabão, etc..., a extensão das investigações de Frei Otto incluem, entre outros, o uso de maquetas invertidas suspensas, de modo a identificar a forma optimizada, construída através de estruturas em concha de dupla curvatura; ou experiências com película de sabão e estruturas em arame para a produção de superfícies mínimas, que se constituem como superfícies não-euclidianas que apresentam um esforço mínimo em cada um dos seus pontos (Hensel et al., 2004a: 20) (Spuybroek, 2005: 167). A eficácia estrutural destas últimas em particular, implica a introdução e desenvolvimento na arquitectura de materiais resistentes à tensão tais como a tela e malhas de cabos metálicos e respectiva estrutura de ancoragem sujeita a esforços de compressão.

³⁷ Como refere Thompson (1992: 290), este método, que será provavelmente mais antigo, está descrito e posto em prática por Albrecht Dürer (1471-1528) no seu Tratado das Proporções (*Les quatre livres d'Albert Dürer de la proportion des parties et pourtraits des corps humains*).

emergem do *processo*, enquanto série de trocas complexas, necessariamente contextuais e não-lineares, entre objecto e ecossistema. E neste sentido, afirma Weinstock (2004: 13), a necessidade de se pensar a geometria das formas, no seu todo, biológicas ou artificiais, não só como descrição da forma desenvolvida e em estado final, como substancialmente enquanto conjunto de interações e restrições de limite que actuam como princípios de organização (simultaneamente local e global) afectos à morfogenia. À semelhança dos constituintes que relevam os sistemas complexos e dinâmicos afectos à *emergência*³⁸, padrão e reacção, vector e inflexão postulam-se assim fulcrais nos modelos de morfogenia.

O estudo de tais sistemas dinâmicos e correlativos operado pela dita Teoria da Complexidade, ao revolver em torno dos efeitos produzidos pelo comportamento colectivo de um sistema como sucessão de interações das suas unidades no espaço, predispõe invariavelmente a sua análise para a sabida não-linearidade desses mesmos processos³⁹ (Saunders, 2001: 110). Como explica o autor, a condição da não-linearidade reside no aparente paradoxo entre ordem e caos⁴⁰. O caos, ou a instabilidade, surge da sensibilidade do sistema na medida em que uma pequena alteração quantitativa dos seus elementos poderá significar um desproporcionado efeito qualitativo no seu comportamento. Esta é de resto a marca do “caos determinista” (Saunders, 2001: 111) traçado por Edward Lorenz (1917-2008) no seu *efeito borboleta*⁴¹: previsibilidade momentânea (dado o seu determinismo) juntamente com imprevisibilidade a longo prazo (dada a sua sensibilidade) (Saunders, 2001: 110). A Teoria do Caos, desenhada pelo próprio no seu *Deterministic nonperiodic flow* (1963), pressupondo sobretudo a imprevisibilidade e variabilidade dos sistemas complexos, discute-os assim regidos por leis deterministas.

Tais processos estão, de resto, patentes nas formas geométricas que se apresentam como representantes matemáticos de padrões naturais que, aparentemente complexos, percebem-se todavia gerados por leis evolutivas simples, como no exemplo dos fractais. Eaton (1998: 30) refere mesmo que a principal atracção da geometria fractal deriva do facto de oferecer um método descritivo de alguns fenómenos naturais até então resistentes à sua análise, na medida em que não só explica como a ordem emerge através de componentes simples e lógicos como também elucida o próprio processo da complexidade.

³⁸ Como nos transmite Weinstock (2004: 11), *emergence* é um conceito intrinsecamente relacionado com a biologia evolutiva, a teoria da complexidade e em geral, as teorias sistémicas. Na sua acepção mais simples, traduz-se pelas propriedades de um sistema que não pode ser deduzido pelos seus componentes, isto é, representa mais do que a soma das partes. Matematicamente, o termo refere-se à produção de forma e comportamentos advindos de sistemas irredutivelmente complexos, e nesse âmbito, à aproximação matemática necessária a uma modelação desses processos num ambiente computacional.

³⁹ Como explica Saunders (2001: 114), o significado de linearidade terá a ver obviamente com a derivação etimológica de linha (recta). Os sistemas lineares são formados pelas forças que actuam sobre eles, e portanto, a sua forma será a mesma unicamente se as forças aplicadas forem idênticas. Os sistemas não-lineares são mais autónomos, o que torna possível que eles tenham propriedades genéricas, ainda que não possa ser explicado directamente o seu surgimento.

⁴⁰ O “caos” não significa a comum interpretação de “confusão ou desordem”, mas antes uma concepção matemática de instabilidade que se relaciona com a explicação da origem das coisas.

⁴¹ A interpretação alegórica do termo serve-se do exemplo do bater de asas de uma borboleta como possível motivo causal ao aparecimento de um furacão do outro lado do globo, justamente introduzido por Lorenz num texto seu de 1972 intitulado *Does the Flaps of a Butterfly's Wings in Brazil Set Off a Tornado in Texas?* para descrever a não-linearidade dos sistemas dinâmicos/complexos naturais: pequenos e simples acontecimentos poderão resultar noutros drasticamente maiores através da sua compleição espontânea e cumulativa devido à acção de *feedback* positivo entre eles. Contudo, o verdadeiro sentido matemático do termo reside, de forma simplista, no facto de quando analisados os movimentos caóticos através de gráficos, a sua representação passar de aleatória para padronizada e figurar no formato de borboleta – o *atractor* de Lorenz. Para leitura mais vasta, consultar:

SAUNDERS, P. – Nonlinearity: What it is and why it matters. In DI CRISTINA, G. (ed.) – *Architecture and Science*. Chichester: Wiley-Academy, 2001. pp. 112.

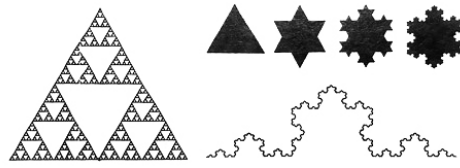


fig. 1.14. Triângulo de Sierpinski (esq.) e Floco de neve de Koch (dir.).

Benoit Mandelbrot (1924-2010), estudando as propriedades e o comportamento dos fractais, introduz uma geometria que procura colmatar as perceptíveis lacunas euclidianas, e já agora topológicas⁴², na definição das formas naturais e acima de tudo, estruturar a irregularidade e imprevisibilidade da natureza e suas formas.

“Clouds are not spheres, mountains are not cones, coastlines are not circles, and bark is not smooth, nor does lightning travel in a straight line.

More generally, I claim that many patterns of Nature are so irregular and fragmented, that, compared with Euclid – a term used in this book to denote all of standard geometry – Nature exhibits not simply a higher degree but an altogether different level of complexity. The number of distinct scales of length of natural patterns is for all practical purposes infinite.

The existence of these patterns challenges us to study those forms that Euclid leaves aside being “formless”, to investigate the morphology of the “amorphous”.

(...) The most useful fractals involve chance and both their regularities and irregularities are statistical. Also, the shapes (...) tend to be scaling. Implying that the degree of their irregularity and/or fragmentation is identical at all scales.” (Mandelbrot, 1983: 1)

Paralelamente às suas observações acerca da *geometria da natureza* (Ostwald, 2001: 74), Mandelbrot executa, como nos transmite Ostwald (2001: 74), uma série de incursões bem documentadas acerca da história e crítica arquitectónica e, em particular, dos estilos arquitectónicos na tentativa de diferenciação entre geometria Euclidianas e geometria fractal. Na introdução ao seu livro de 1975, *Les Objects Fractals: Forme, Hasard et Dimension*, contracenando o vínculo euclidiano de Mies em relação à abundância de elementos fractais do período das *beaux arts*, o autor acaba por reconhecer o interesse e a clara relação entre arquitectura e geometria fractal. O cariz emulativo de padrões naturais por parte dos fractais e a sua iconicidade representativa ditam aliás uma transversalidade histórica de relação entre os fractais e a arquitectura, ainda que Ostwald (2008: 217-231) a sublinhe de inconsciente⁴³. O autor cita castelos medievais, igrejas barrocas, a arquitectura de Louis Sullivan, Lloyd Wright e Le Corbusier como exemplos da relação histórica entre fractais e o domínio arquitectónico. Obviamente, a primeira versão consciente de uma ‘arquitectura fractal’ não poderia ter ocorrido senão depois da formalização

⁴² Mandelbrot, numa fracção do discurso introdutório do seu livro (1983: 1-24) intitulada *A Mathematical Study of Form Must Go Beyond Topology*, contrapõe ao discurso topológico, que acredita ser demasiadamente generalizante e abstracto, um outro apoiado na dimensão dos fractais como elemento que melhor define a forma da natureza – “It [topology] also teaches that all single island coastlines are of the same form, because they are topologically identical to a circle. (...) Thus topology fails to discriminate between different coastlines. (...) Differences in fractal dimension express differences in a nontopological aspect of form, which I propose to call fractal form.” (Mandelbrot, 1983: 16-17) Ainda assim, admite que inúmeros problemas de real interesse combinam características ou particularidades fractais e topológicas de um modo cada vez mais subtil.

⁴³ Para uma leitura avançada das particulares relações do fractal e a arquitectura orgânica de Lloyd Wright e Corbusier, vejam-se:

OSTWALD, M. *et al* – Characteristic Visual Complexity: Fractal Dimensions in the Architecture of Frank Lloyd Wright and Le Corbusier. In WILLIAMS, K. (ed.) – *Nexus VII: Architecture and Mathematics*. Turin: Kim Williams Books, 2008. pp. 217-231.

EATON, L. – Fractal Geometry in the Late Work of Frank Lloyd Wright: The Palmer House. In WILLIAMS, K. (ed.) – *Nexus II: Architecture and Mathematics*, Fucecchio: Edizione dell’Erba, 1998. pp. 23-38.

da geometria de Mandelbrot nos finais de 1970, apesar dos estudos prévios de George Cantor, David Hilbert e Helge von Koch, entre outros, acerca de conceitos matematicamente ‘aberrantes’ que claramente precedem aqueles da geometria fractal (Ostwald, 2001: 73).

Peter Eisenman, contudo, através do seu projecto *House 11a* (1978), usando os conceitos de escala e auto-similaridade, desenha a primeira e consciente apropriação arquitectónica da teoria da complexidade.

Aludindo à geometria fractal de Mandelbrot e seus princípios de auto-replicação, o seu método de *scaling* enquanto processo autónomo de (auto)geração de forma aplica uma noção de continuidade entre as escalas e os intervalos entre estas, à medida que produz e complexifica novos objectos em virtude da sua contínua sobreposição escalar⁴⁴. *House 11a* resulta, pois, da combinação de iterações de formas tipo (sólido que resulta da subtracção de um dos octantes do cubo) sujeitas a rotações e simetrias verticais que executam um objecto deliberadamente *a-escalar* graças à sua essência auto-referencial. Este motivo temático central à produção morfológica da *House 11a* é de resto revisitado por Eisenman durante o seminário de arquitectura de Cannaregio em Veneza. Ao dispor no espaço uma série de modelos habitáveis da *House 11a* em diferentes escalas e, em particular, introduzindo num deles uma série infinita de versões de si escalares – objecto dentro de objecto – o autor fixa uma forma original abstracta que pelo seu potencial de complexificação transcende o papel de modelo tornando-se antes um componente arquitectónico auto-referencial⁴⁵.

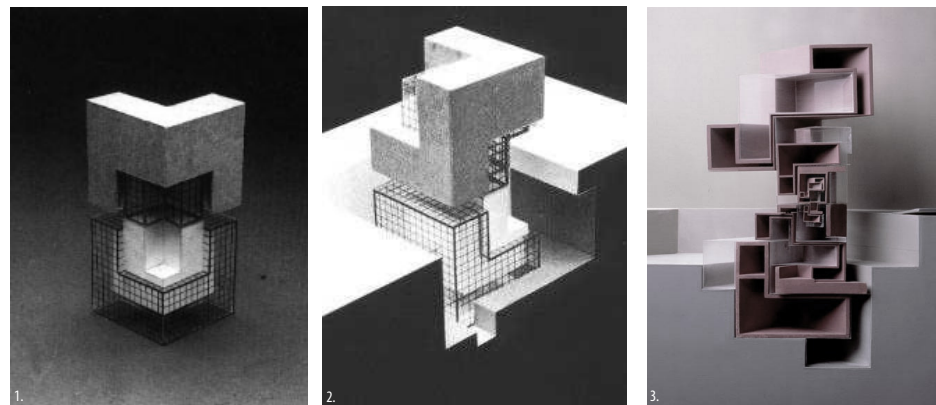


fig. 1.15. Peter Eisenman, *House 11a*, 1978 (à esquerda e centro) e *Cannaregio Town Square*, Veneza, 1978 (pormenor de maquete, à direita).

Estes conceitos de graduação, auto-similaridade e auto-referenciação são transversais às demais explorações arquitectónicas que se confiam nos desígnios da geometria fractal, apesar de que, no seu desenrolar, tais práticas se tenham baseado numa essência mais filosófica e menos geométrica do tema⁴⁶ (Ostwald, 2001: 76).

⁴⁴ Eisenman (apud Ostwald, 2001: 74) refere-se filosoficamente ao conceito de *fractal scaling* enquanto processo que abrange três pressupostos desestabilizadores: descontinuidade, que confronta a metafísica da presença; recursividade, que confronta a origem; e auto-similaridade, que confronta a representação e a estética do objecto.

⁴⁵ Esta técnica de auto-semelhança e replicação autónoma questiona a relação da arquitectura com as noções de escala advindas do habitual conceito de perspectiva humana. A retórica de Eisenman que figura neste seu modelo de produção arquitectónica estará indissociável das contribuições filosóficas e literárias de Jaques Derrida e Gilles Deleuze e Félix Guattari.

⁴⁶ Entre outros, figuram produtos arquitectónicos de Coop Himmelblau, Arata Isozaki, Charles Jenks, Jean Nouvell, Ben van Berkel & Caroline Bos, por exemplo.

Não obstante a validação desta geometria por parte dos arquitectos quer pela sua especificidade disciplinar ou pelo seu potencial de conexão de um discurso metafórico da teoria do Caos e das ciências da complexidade na relação com a arquitectura, facto é que, a geometria fractal, estruturando um maior vínculo perceptivo para com a causalidade da natureza ou do cosmos, acaba por evidenciar sobretudo o reconhecimento de uma mudança global de paradigma face àquela visão de Newton e Laplace, aqui já tratada. Mais ainda, esta nova condição científica que vem sendo descrita, sita no dinamismo sistémico da não-linearidade, aporta ao discurso arquitectónico de final de século o capital conceptual de *variabilidade* e de *forma emergente* como mote de uma verdadeira teoria da complexidade em arquitectura.

De facto, este interesse pelo discurso científico da não-linearidade acaba por impelir uma mudança alargada nas dimensões teóricas de uma inconsolável arquitectura da pós-modernidade. Como instrui Leach (2008: 22), se os oitentas e noventas do século passado se caracterizavam por um vasto interesse pela teoria literária e filosofia continental – desde a lógica estruturalista que informou uma primeira busca pelos princípios semiológicos em autores como Charles Jencks ou Robert Venturi, aos inquéritos pós-estruturalistas acerca da significância por Jacques Derrida que alimentou parte do trabalho de Eisenmann, entre outros – o virar de século arquitectónico caracteriza-se, por sua vez, por um crescente interesse pelos domínios científicos associados a lógicas tecnológicas e de comportamento material.

Este deslocamento de interesses teóricos pelo discurso arquitectónico acaba por se sedimentar nas filosofias materiais de Gilles Deleuze – em particular no seu *Le pli: Leibniz et le baroque* – que, seguindo as reflexões de Henry Bergson acerca dos conceitos de espaço-tempo, traçam através do conceito de *fold* o paralelismo entre a obra de Leibniz e a contínua variação ou contínuo desdobramento da forma.

Ao próprio conceito de elasticidade formal que o *fold* deleuziano preconiza concorre, por parte da frente teórica que o adopta em nome da complexidade em arquitectura, o franco entendimento das geometrias anexactas que Husserl havia já introduzido, as quais apesar de determináveis com precisão, em contraste com as geometrias exactas, são irredutíveis a dimensões e não podem ser reproduzidas identicamente. Mais importante, enquanto paradigma desta lógica de relatividade e contínuo desenvolvimento formal que supera a dimensão estática das geometrias exactas, percebe-se qua a Topologia se firma matriz do discurso da flexibilidade em arquitectura. De facto, com base no potencial oferecido pelas novas tecnologias de desenho digital, questões convergentes ao tema da flexibilidade como força, movimento e tempo, as quais perenemente afastadas da descrição arquitectónica devido à sua essência vaga, começam a ser equacionadas no regime processual da arquitectura.

E, como refere Kolarevic (2003a: 27), talvez pela própria falta de precedentes dos ditos tópicos em arquitectura, estes deverão ser primariamente intuídos a partir da própria episteme que introduz e educa os referidos novos instrumentos de desenho. Se porventura, como diz Perez-Gomez (cit in Spiller, 2010: 130), a introdução do computador em arquitectura nas últimas duas décadas terá reduzido significativamente o seu discurso teórico a questões de instrumentação, facto também constatável e atestador até da sua importância (como se pretende demonstrar mais adiante) será certamente o de que o discurso arquitectónico de final de século, ainda desprovido do computador, é primeiramente estruturado com base nos desígnios científicos e filosóficos, e não tanto técnico-operativos, que gravitam em torno da continuidade.



CAPÍTULO II

VECTOR

No século XX, a noção de espaço-tempo converte-se no mais decisivo suporte teórico à formação do paradigma cultural e da teoria da arquitectura modernos. Como sugere Solá-Morales (2008: 10), desde Alois Riegl a Sigfried Giedion, a elaboração da noção estética do espaço revela-se indissociável da experiência temporal, tal como postula a física einsteiniana e a matemática de Riemann. Ambas as categorias são formas da extensão cartesiana que se demandam uma à outra na necessidade de uma descrição integral da experiência espacial.

De facto, a visão do mundo mecanicista ruira oficialmente no início do século passado quando a teoria de Einstein quebrou o universo Newtoniano do espaço e tempo absolutos numa multitude de molduras espaço-temporais amarradas a um particular observador que, por isso, tem em si não só um diferente tempo como um mapeamento próprio. Como consequência, a teoria quântica deslocou a visão tradicional dos elementos enquanto sólidos unitários com localizações espaciais e temporais definidas, para uma outra de entidades indeterminadas, mutuamente intrincadas e que evoluem como organismos. As implicações profundas desta quebra com a tradição foram reconhecidas, como refere Ho, por Henri Bergson e Alfred Whitehead, entre outros, através da articulação de uma filosofia organicista em detrimento daquela mecanicista. Segundo Ho (Ho, 2001: 116), o sistema mecânico é um objecto *no* tempo e espaço enquanto que o organismo é, na sua essência, *do* espaço-tempo.

A dita quarta dimensão é, com o seu sofisticado suporte físico-quântico, uma categoria que prevê o inerente relacionamento da percepção gestaltica e o processo da descrição do espaço. Esta construção perceptiva do tempo no espaço implica um peculiar tipo de temporalidade que Deleuze tenta desdobrar a partir do pensamento de autores como Proust (1871-1922) e a sua noção de “tempo complicado”; passando por Bergson (1859-1941) e os seus testemunhos acerca da virtualidade na experiência interna da consciência da duração (*durée*) que revela a continuidade do múltiplo; até às lógicas monádicas de Leibniz (1646-1716) que se cruzam com as noções dinâmicas de evento e que tendem a antecipar a complexidade da teoria científica.

Em especial, o modelo de raciocínio monádico deste último, que pressupõe na unidade existir sempre um estado múltiplo e que contradiz o cartesianismo dos elementos discretos ou da unidade e totalidade das partes, denota negligenciáveis relações com a acepção contemporânea organicista do mundo, partilhando características com aquilo que artistas e teóricos das ciências fazem hoje o seu habitat de estudo. A falência do princípio de harmonia pré-estabelecida e portanto, da noção do melhor mundo compossível que estas novas práticas matemáticas acabam por incitar, introduz a sustentação de um outro, caótico⁴⁷, onde os seus constituintes sempre divergem em novas complicações⁴⁸ ou, se quisermos, desdobramentos.

É pois sob a alçada desta interpretação expressionista do mundo e substancialmente pela estruturação da continuidade por parte de Leibniz que a imaginação filosófica de Gilles Deleuze, diz Rajchman (2004: 77), é atraída para as matemáticas complexas de René Thom e Benoit Mandelbrot, acabando por intersectar a complicação formal barroca com o modelo

⁴⁷ Relativo à Teoria do Caos, explicada no capítulo anterior.

⁴⁸ Aqui, complicação refere-se não ao acto de se tornar confuso mas antes áquele de se tornar complexo, desenvolvido.

conceptual da dobra enquanto signo operativo da continuidade e transitoriedade das relações espaciais.

O FOLD DELEUZIANO: METÁFORAS FORMAIS DO INFINITO

O *fold*, ou dobra, é um conceito antigo, e ainda assim, não se pode afirmar que é uma noção tradicional à filosofia, apesar de, como descreve Rajchman (2004: 77), a sua questão etimológica ser parente de vários conceitos como *explicação*, *implicação* ou *complexidade* nas línguas europeias. “Fold-words”, como lhe chama – palavras compostas por *plic* ou *plex* e que tendem à designação de uma acção que lhe prossegue – são de igual forma transversais ao discurso arquitectónico, tendo tal relação apogeu na complexidade em arquitectura.

A raiz grega do termo, que tem que ver com tecelagem (torcer e virar de lado enquanto se move algures sem criar obstrução), surge repetida no discurso *Sofista* de Platão (428-348 a.C.) e, mais tarde, no discurso de Plotino (205-270) acerca da grande “Complicação” do Homem em tudo o que existe. Contudo, como adianta Rajchman (2004: 77), terá sido através do latim que noções de *dobra*, ou *le pli*, como implicação, replicação ou multiplicidade entram por via etimológica nos discursos linguísticos latinos e anglo-saxónicos. Mais tarde, poder-se-ão encontrar referências ao *fold* em Heidegger ou Mallarmé, mas o tratamento conceptual mais intrincado e extensivo acerca da noção de *fold* encontra-se, como classifica Carpo (2004: 14), na vasta hermenêutica da continuidade que Gilles Deleuze, em *Le Pli*, aplica à teoria das ideias de Leibniz (incluindo a notória monadologia), à sua matemática (em particular o cálculo diferencial) e às várias expressões do barroco nas artes. Este barroco, explicita Tom Conley no prefácio à edição, não compreende apenas aquilo que se associa a Bernini ou Borromini. Antes define-se por um estado específico que revela tratados constantes dentro dos mais diversos meios e períodos ao longo do tempo. O termo é entendido como um tropo que advém das origens renovadas da arte e tem evidência estilística que prevalece na cultura em geral: ele rubrica a proliferação da experiência mística, o nascimento do romance, a apologia pela vida que cresce e prolifera e pela infinidade de padrões de movimento; e poderá ser intuído no fascínio prolongado que se experiencia ao ver uma onda elevar-se, enrolar, sucumbir e atomizar-se ao longo da extensão da costa, ou mesmo nos padrões irregulares de cores que se desenham na superfície e nas infinitas profundezas de uma placa de mármore.

“The Baroque refers not to an essence but rather to an operative function, to a trait. It endlessly produces folds. It does not invent things: there are all kinds of folds coming from the East, Greek, Roman, Romanesque, Gothic, Classical folds. ...Yet the baroque trait twists and turns its folds, pushing them to infinity, fold over fold, one upon the other. The Baroque fold unfurls all the way to infinity.” (Deleuze, 2006: 3)

Deleuze considera portanto que a experiência do Barroco acarreta aquela da dobra e, dessa forma, desenha o *fold* através de um outro regime introduzido por Leibniz, diferente daquele cartesiano, claro e racional: um sistema barroco onde as estruturas são consideradas contínuas apesar de distintas, onde aquilo que é claro figura apenas um estado de uma dimensão maior. Este seu regime, explica Deleuze (2006: 5), tem por base três noções fundamentais que, mediante a sua construção barroca da física matemática, Leibniz associa à curvatura do universo: a fluidez da matéria, a elasticidade dos corpos e a força motivadora enquanto mecanismo.

Na sua leitura, a um qualquer corpo ainda que flexível ou elástico corresponde, não obstante, uma recíproca aderência das partes que formam uma dobra, de tal modo que elas não se separam em partes da parte, mas antes dividem-se *ad infinito* em cada vez mais pequenas dobras que, todavia, retêm uma certa coesão. Assim, um contínuo labirinto, sugere o autor, não é tido por uma linha que se dissolve em pontos independentes, como areia ao vento se dissolve em grãos, mas pelo contrário, assemelha-se a papel desdobrado infinitamente pela consistência ou conspiração do ambiente que o rodeia.

Leibniz abre assim uma nova concepção de espaço, argumentando que a entidade mais elementar no processo do contínuo não é o ponto mas antes a dobra. Para Eisenman (2004: 41), a dobra, conforme Deleuze a coloca, é uma condição física de diferença, “*of a ‘thisness’ rather than an ‘objectness’*”. Ela mapeia relações sem recorrer a tamanho ou distância; é conceptualizada na diferença entre a extensão euclidiana e a topológica (temporal): refere-se à condição de mapeamento sem a necessária definição de distância. E sem esta definição de distância, surge uma outra noção de tempo – de relações monádicas entre pontos, os quais não são mais fixos pelas coordenadas cartesianas mas antes inerentes a um lugar espacial de indeterminação (Eisenman, 2004: 41).

“The matter-fold is a matter-time.” (Deleuze, 2006: 7)

Lynn (1999: 15) particulariza as demais aparentes diferenças entre os modelos descritivos de René Descartes e Gottfried Wilhelm Leibniz: se, por um lado, Descartes isolou e reduziu os elementos num sistema dinâmico às suas identidades constitutivas de maneira a criar uma equação estacionária (eliminou tempo e força da equação de modo a calcular uma posição precisa), por outro, Leibniz examinou os componentes de entre o seu campo contextual de influências numa perspectiva de desenvolvimento temporal contínuo. Para o autor, ao conservar o papel estrutural do tempo e força, Leibniz determinou que uma posição no espaço poderá ser calculada unicamente enquanto fluxo vectorial. E dessa forma, formula o conceito de integral, onde dentro de cada mónada – termo atribuído por Leibniz ao elemento primitivo, isto é, a qualquer componente reduzido provisoriamente – existe o núcleo de toda a equação sob a forma de variáveis. Ou seja, qualquer mónada guarda a possibilidade de desdobrar um “mundo possível”, uma multiplicidade contínua (Lynn, 1999: 15). Para Andrew Benjamin⁴⁹ (apud Lynn, 1999: 42), se um primeiro modelo de complexidade, associado a Descartes, é um de ordem complexa executada por ordens mais simples; o segundo, associado a Leibniz, é uma complexidade de conjuntos cuja ordem individual e colectiva existe simultaneamente.

“Here the ensemble in question involves the belonging together of that which resists synthetic unity. The existence of the monad as an already existent ensemble means that the monad is an original ensemble, i.e. an ensemble in which differential plurality is not a consequence of the event, on the contrary it is constitutive of the event – the relational ensemble – itself.” (Benjamin cit in Lynn, 1999: 42)

A mudança, diz Lynn (1999: 15), de um modelo dimensional discreto que elimina as relações de força com matéria, para um outro conceito de dimensão integral e contínua de massas no

⁴⁹ Veja-se:

BENJAMIN, A. – *The Plural Event: Descartes, Hegel, Heidegger*. London: Routledge, 1993. pp. 125.

espaço, envolve a redefinição do entendimento de espaço, cuja essência passa de neutra e intemporal para se tornar temporalmente dinâmica.

Esta noção de continuidade ou extensão inerente à dobra é, para Deleuze, a noção de *evento*. Segundo Eisenman (2004: 41), o evento corresponde àquilo que Deleuze denomina por sucessão heterogênea, que se organiza através de um sistema que não é estável ou instável mas antes dotado de uma energia em potencial.

“Potential energy lies in the pre-present. An event is that which is previous to the present and which also lingers after.” (Eisenman, 2004: 41)

Este evento propõe, como sugere Eisenman, uma noção diferente daquela de tempo narrativo ou dialético que, mais do que tudo, determina a própria noção de singularidade. Esta deixa de ser entendida pelo que é individual, particular ou específico à forma, e passa a ser considerada por aquilo que é possível emergir da ação de desdobramento no tempo (Eisenman, 2004: 41). E por isso a dobra não poder ser nunca um dado neutro, mas sim um momento, ou objecto específico até, no tempo.

Deleuze (2006: 15) explicita esta indeterminação que o *fold* propõe citando a teorização de Bernard Cache acerca da *inflexão* como o elemento genético por excelência da curva variável, ou dobra, e que corresponde àquilo que Leibniz chama por ‘*ambiguous sign*’.

Bernard Cache (1995: 17), usando o conceito matemático da singularidade⁵⁰, define a inflexão – ou ponto de inflexão – enquanto *singularidade intrínseca*. Contrariamente aos extremos (singularidades extrínsecas – máximo e mínimo) de uma dada curva, a inflexão não depende do eixo de ordenadas mas antes designa o evento puro da curvatura onde a tangente toca a curva e separa a concavidade da convexidade. Em ambos os lados da inflexão sabe-se existir um ponto mais alto e outro mais baixo, mas que só poderão ser definidos aquando do relacionamento da curva com a orientação de um vector⁵¹.

“Points of inflection are singularities in and of themselves, while they confer an indeterminacy to the rest of the curve. Preceding the vector, inflection makes of each of the points a possible extremum in relation to its inverse: virtual maxima and minima. In this way, inflection represents a totality of possibilities, as well as an openness, a receptiveness, or an anticipation.” (Cache, 1995: 17)

Deleuze vê a inflexão como o puro evento, uma virtualidade ou idealidade, o ponto da possibilidade ou, referindo Klee, “*a site of cosmogenesis, a nondimensional point between dimensions*”. Um evento que aguarda um evento (Deleuze, 2006: 16). A inflexão não pode, pois, ser dissociada da noção de infinita variação. Tal questão está expressa de resto na geometria fractal de Mandelbrot – cuja dimensão Deleuze (2006: 17) relaciona com o número fraccionário ou

⁵⁰ Em matemática, aquilo que é tido por singular não é um dado ponto mas antes um conjunto de pontos numa dada curva. O ponto não é singular. Ele torna-se singularizado num contínuo. Cache retém dois tipos de singularidade: de um lado existem os extremos – o máximo e o mínimo referentes a uma dada curva; e do outro existem aqueles pontos singulares que, em relação aos extremos, figuram enquanto ‘entretantos’. Estes são por definição os pontos de inflexão: são diferentes dos extremos na medida em que se definem somente pela relação com eles próprios, enquanto que a definição de extremos pressupõe uma escolha prévia de um eixo ou uma orientação.

⁵¹ Cache estrutura ainda a teoria acerca da indeterminação que a variação da curvatura comporta na sua análise a uma série de desenhos de Klee patentes no primeiro capítulo do seu curso na Bauhaus, intitulada de ‘active lines’. Veja-se: CACHE, B. – *Earth Moves: The Furnishing of Territories*, Cambridge: the MIT Press, 1995. pp. 50-51.

irracional (uma não-dimensão ou inter-dimensão) – nomeadamente na curva de Koch obtida pela sua complexificação de acordo com a lei de homotetia, ou transformação por similitude.

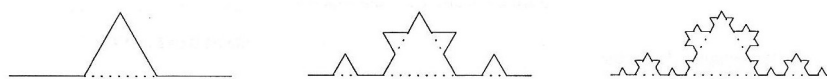


fig. 2.1. Infinita complexificação na curva de Koch.

Através das contínuas iterações autossimilares e escalares, como inflexões que se abrem à flutuação, estas estruturas geométricas compreendem um elemento de aleatoriedade pelo qual qualquer intervalo se pode tornar o *locus* de uma outra complicação. É portanto não só o poder da continuidade que permite a equação de uma infinidade virtual, como também o facto de entre estados existir sempre um intervalo, uma zona de indeterminação ou disponibilidade que poderá sempre dar origem, de forma aleatória, a um outro desdobramento (Cache, 1995: 71).

“A true in-between, inflection is the equilibrium between chance and tendency.” (Cache, 1995: 53)

A Teoria da Catástrofe de René Thom (1923-2002) e em particular os seus diagramas mostram-nos também eles como classificar estas singularidades de potencial dada a sua capacidade em exprimir a modelação geométrica da multiplicidade de eventos mútuos presentes num qualquer momento (Lynn, 2004b: 29). A dobra (*fold*) e o cúspide (*cusp*) correspondem a *continuums* topológicos que descrevem duas das sete catástrofes elementares⁵² que designam, de acordo com Thom, fases de transição na morfologia da matéria – variações súbitas nos processos da evolução natural dos elementos, ambos vivos ou inanimados (Di Cristina, 2001: 13).

Esta componente matemática que sublinha a família das formas contínuas e acompanha a definição deleuziana do *fold* e, em particular, a afinidade desta aos modelos da variabilidade e transição, introduz para Deleuze uma nova ideia de objecto: uma que não está mais relacionada com o enquadramento do espaço mas antes com a sua modulação temporal que implica a variação contínua da matéria (Eisenman, 2004: 40). A este novo paradigma do objecto Deleuze (2006: 20) chama de *objectile*, emprestando o termo cunhado por Bernard Cache (1995: 88-98) e que alude à concepção moderna do objecto tecnológico. Este refere-se nem aos inícios da era industrial nem à ideia de *standard* que ainda acolhia uma essência da semelhança e impunha a lei da constância, mas antes a um novo estado científico e tecnológico do mundo⁵³, onde a flutuação

⁵² Como explica Di Cristina (2001: 13), de acordo com a teoria, um processo natural ocorre em conformidade com um modelo dinâmico que é descrito por um campo caracterizado pela presença de estados limites, conhecidos por atractores, para os quais o sistema evolve. Para cada atractor – em competição com vários outros – a soma total das trajectórias do campo que tende a ele formam um domínio de espaço, chamado de bacia, daquele atractor. As bacias dos diferentes atractores estão separadas pelas ditas superfícies de catástrofe – crest line, crash wave, hypersurface – as quais têm uma estrutura qualitativa (topológica) e cujo modelo algébrico e padrão geométrico René Thom fornece. O autor sugere que nos fenómenos tetra-dimensionais, existem sete superfícies possíveis de equilíbrio e portanto, sete possíveis descontinuidades, ou catástrofes elementares. Os seus sete tipos são: *the fold, the cusp, the swallowtail, the butterfly, the hyperbolic umbilicus, the elliptic umbilicus, the parabolic umbilicus*.

⁵³ Cache (1995: 88) anuindo àquilo que denomina pela segunda-geração de sistemas de concepção e fabricação assistida por computador, refere a possibilidade do objecto ser calculado em vez de desenhado. Segundo o autor, a utilização de funções paramétricas abre uma dupla possibilidade: à primeira, que se define por permitir o desenho de formas complexas que de outra forma seriam difíceis de conceber e representar através dos modelos tradicionais de desenho, sobrepe-se uma outra que é a fundamentação de um processo de produção não-standard – “*In fact, the modification of calculation parameters allows the manufacture of a different shape for each object in the same series. Thus unique objects are produced industrially. We will call variable objects created from surfaces ‘subjectiles’, and variable objects created from volumes ‘objectiles’.*”

ou o desvio da norma substitui a permanência de uma regra e o objecto assume lugar num contínuo processo de variação.

“The new status of the object no longer refers its condition to a spatial mold – in other words, to a relation of form-matter – but to a temporal modulation that implies as much the beginnings of a continuous variation of matter as a continuous development of form.” (Deleuze, 2006: 20)

Esta é uma concepção não só temporal como também qualitativa do objecto, na medida em que, por definição, ele é maneirista e não essencialista. O objecto torna-se entendido como uma função⁵⁴ que contém virtualmente um infinito número de objectos. Cada um desses objectos, diferentes e individuais, actualizam o algoritmo matemático, ou *objectile*, comum a todos. Em termos aristotélicos, como põe Carpo (Carpo, 2004: 16), o *objectile* figura uma forma em múltiplos eventos.

Segundo Rajchman (2004: 77), na filosofia de Deleuze, o múltiplo é primário e surge antes do único ou do todo: o estado dos elementos jamais será uma unidade ou totalidade mas antes multiplicidade que tenha sofrido focos de unificação ou centros de totalização. Nestas multiplicidades, o que importa não são de todo os seus elementos, mas sim aquilo que está entre eles, isto é, os seus intervalos ou disparidades. Assim sendo, a multiplicidade envolve uma espécie de complexidade na divergência que se traduz não pela procura da unidade no múltiplo, mas em assumir a unidade enquanto o estádio efectivado após uma dispersão virtual prévia.

“This sort of complexity does not consist in the One that is said in many ways, but rather in the fact that each thing may always diverge onto others, as in every forking paths in Borges’ fable garden.” (Rajchmann: 2004: 77)

Rajchman serve-se aqui do livro de Jorge Luis Borges *The Garden of Forking Paths*⁵⁵ (1948) para exemplificar a dimensão infinita do múltiplo por via da dobra: este não poderá ser *completamente* desdobrado ou *definitivamente* explicado, uma vez desdobrar ou explanar ser senão dobrar ou complicar novamente. *Plica ex plica*.

Esta noção da dobra como elemento que encarna o múltiplo e que, por isso mesmo pressupõe a subsistência do espaço virtual da possibilidade, traça a ponte imediata com a questão monádica que Deleuze aporta de Leibniz.

“He borrows this name [monad] from the Neoplatonists who used it to designate a state of One, a unity that envelops a multiplicity, this multiplicity developing the One in the manner of a ‘series’. The One specifically has a power of envelopment and development, while the multiple is inseparable from the folds that it makes when it is enveloped, and of unfoldings when it is developed. But its envelopments and developments, its implications and explications, are nonetheless particular movements that must be understood in a universal Unity that ‘complicates’ them all, and that complicates all the Ones.

Explication-implication-complication form the triad of the fold, following the variations of the relation of the One-Multiple.” (Deleuze, 2006: 25)

É essencialmente pelo acima descrito que o autor (Deleuze, 2006: 145) exalta Leibniz e a sua filosofia como representativa do mundo, nomeadamente pelos princípios desta que se expressam no

⁵⁴ Barr (1989: 182) explica que matematicamente uma função é uma transformação que revela uma relação entre dois elementos.

⁵⁵ BORGES, J. – *El Jardín de Senderos que se Bifurcan*. Argentina: Editorial Sur, 1941.

entendimento de um objecto percebido através de uma série de figuras ou aspectos a ele relacionados, subjacente a uma lei de continuidade. A maior consequência que daqui se extrai, prossegue o autor, diz respeito à relação entre o singular e o múltiplo:

“Always a unity *of* the multiple, in the objective sense, the one must also have a multiplicity ‘of’ one and a unity ‘of’ the multiple, but now in a subjective sense. Whence the existence of a cycle, ‘Omnis in unum’, such that the relations of one-to-multiple and multiple-to-one are completed by a one-to-one and a multiple-to-multiple, as Michel Serres has shown. This square finds its solution in the distributive character of the one and an individual unit or Every, and in the collective character of the multiple as a composite unit, a crowd or mass. The belonging-to and its inversion show how the multiple belongs to a distributive unity, but also how a collective unity pertains to the multiple.

And if it is true that appertaining – belonging to – is the key to allegory, then Leibniz’s philosophy must be conceived as the allegory of the world, the signature of the world, but no longer as the symbol of a cosmos in the former manner.”

Neste respeito, a fórmula da *monadologia* na qual as componentes simbolizam uma unidade simples mas múltipla, foge às considerações de tipo e liberta as noções de tipologia para uma alegoria do possível. É de resto neste sentido que Michael Speaks ^(1995: xiv) coloca a importância do capital conceptual da dobra em arquitectura, sublinhado em particular a distinção exercida por Deleuze entre *realização do possível* e *actualização do virtual* como modelos operativos dessa multiplicidade.

Gilles Deleuze produz tal distinção com o intuito de diferenciar dois tipos de multiplicidade: uma redundante e outra criativa. Como explica Speaks, a primeira opera através dos princípios de limitação e semelhança. Equacionando a existência de vários possíveis, a realização de qualquer um deles limita necessariamente os hipotéticos possíveis a um só. Mas, mais importante, uma vez o possível efectivar-se somente findo o processo de realização e assim preenchendo o vazio pré-estabelecido que a diferença assinalava, nada de novo é criado. No circuito da realização do possível existe portanto uma espécie de pré-formismo onde tudo já é equacionado no possível de modo que nada é criado na sua realização. Por outro lado, a actualização do virtual não opera por representação ou limitação, mas antes por diferenciação e divergência: de modo a actualizar-se, o virtual não prossegue por eliminação ou repetição mas antes pela criação das suas linhas de actualização através de actos qualitativos. É precisamente nestes actos-eventos que radica o *fold*, que tem como elemento genético ideal a inflexão.

“The virtual, and this is a point worth clarifying, lies outside the actual – it exists as a force, not a space. It operates and acts on another plane, in another dimension. It is a continuous unfolding on the road to becoming other. Fold follows fold.” ^(Beckmann, 1998: 16)

Enquanto o real está na imagem do possível executado, o actual, por sua vez, não espelha o virtual nele contido. É, portanto, a concepção de diferença que se postula primária ao processo de actualização: a diferença entre o virtual de que se parte e o actual que se alcança. Se por um lado, através da realização do possível, se testemunha a representação ou figuração daquilo que já o é (uma vez a ideia do possível ser inevitavelmente intuída do real), por outro, a actualização do virtual estrutura o desenvolvimento de algo que, embora real, não o é ainda.

“(…)what is folded is the included, the inherent. It can be stated that what is folded is only virtual and currently exists only in an envelope, in something that envelops it.” (Deleuze, 2006: 24)

Brian Massumi (1998: 305-321) atesta este relacionamento entre o *fold* e o virtual⁵⁶. O autor define precisamente o virtual através da construção de imagens deste, dada a inacessibilidade do virtual *per se* – de outra forma não seria virtual mas sim actual. A sua definição requer, de resto, uma multiplicidade de imagens, uma vez ela considerar que é das múltiplas possibilidades outorgadas pelas flexões e dobras de conteúdo que o virtual transitoriamente emerge. Segundo o autor, uma vez que o virtual reside nesta transitoriedade – “*the ins and outs of imagistic content or structure*” (Massumi, 1998: 306) – a única forma de o abordar será através de duplicações e dobras, expansão e contracção de conteúdo, multiplicando-o internamente. Nesse sentido, este virtual poderá ser melhor entendido através da sobreposição de momentos em deformação, onde cada imagem se transfigura numa espécie de ponto de fuga da sua própria versão torcida.

“Take the images by their virtual centers. Superpose them. You get an over-image of images of self-varying deformation: a unity of continuous separation from self. It is there that the virtual most literally, parabolically appears.” (Massumi, 1998: 306)

O autor segue questionando que não obstante possibilidade e potencial poderem ser abordados quantitativamente, nomeadamente através de probabilidades, estes, independentemente de calculados, detêm, contudo, um irrevogável resíduo de auto-diferenciação qualitativa à qual se deve a sua distinção. Esta sua característica, diz Massumi (2001b: 198), figura precisamente a virtualidade que Deleuze, seguindo Bergson, sugere como modo de realidade implícito à emergência de novos potenciais: inerente às noções de possibilidade e virtualidade enquanto modos de realidade do ainda não-actual, o conceito de transformação qualitativa ou *evento* é, em si, o processo de actualização, isto é, de excedência do actual⁵⁷.

“Possibility concerns degrees of clearness and distinctness (simplicity). Potential is a multiple-vague (complexity). The virtual is a singular multiple-vague (complication, emphasizing the etymological meaning of “plica”, fold).” (Massumi, 1998: 313)

Como resume Lynn (1999: 10), o uso do termo virtual refere-se a um esquema abstracto que detém em si a possibilidade de se efectivar, frequentemente numa multiplicidade de configurações possíveis. Em *Bad Press: Dissident Houseworks* (1993), Diller e Scofidio (1994: 44) retratam precisamente esta latente virtualidade dos processos de desdobramentos. Ao questionarem a eficácia da standardização industrial na domesticidade do homem, os autores desenharam uma

⁵⁶ O autor refere que nada é mais destrutivo ao pensamento do virtual do que equacioná-lo como produto do digital, nem tão pouco associá-lo à realidade virtual característica da era digital. O significado do *virtual* que aqui se refere corresponde ao *potencial de possibilidade*, no seu sentido mais lato. Seguindo a lógica de Deleuze que distingue o real, a possibilidade e o potencial enquanto parte integrante do processo interpretativo do virtual, a equação do digital como virtual, diz Massumi (1998: 309), reduz a aparição (aquilo que é gerado) ao artificial, com o simulacro a tomar o lugar da multiplicidade.

⁵⁷ Como cataloga Massumi (1998: 308), enquanto a quantificação pertence ao modelo de pensamento de raciocínio instrumental e baseado no grau probabilístico, a qualificação cabe àquele denominado operativo e que tem por mediums o *potencial*, assente na imprevisibilidade (René Thom refere-a como impostora da probabilidade) e o *virtual*, na vagueza das suas deformações.

abordagem ao acto de engomar que melhor pudesse representar o corpo pós-industrial, trocando a imagem do funcional pela do disfuncional. Tomando como exemplo o teor representativo da linguagem codificada desenvolvida pelos presidiários através de vincos na roupa (*to crease* ou *to fold*), Diller e Scofidio ilustram o potencial da *complicação* enquanto modelo que traduz na existência (que é a camisa) uma virtualidade de significâncias que a sua dobra lhe confere. A camisa tem sempre o potencial de, dobrada, adquirir outra forma (e significado) e portanto, virtualmente, ser múltipla.



fig. 2.2. *Bad Press: Dissident Houseworks*, Diller e Scofidio (1993).

Se as transformações em latência acima mencionadas podem, pois, ser vistas como transversais ao contínuo prolongamento do que é possível ao que é virtual, e nesses termos, o potencial de uma situação exceder a sua realidade actual, isto significa que o virtual não se contém em nenhum estado próprio mas antes na transição, ou se quisermos, no *desdobramento* da sua forma a uma outra (Massumi, 2001b: 198). Este capital conceptual central à dobra deleuziana, que nota a possibilidade de auto-variação e contínua transformação e que “virtualiza o que há-de vir”, tem paralelo substancial nas premissas de continuidade e multiplicidade que a Topologia discute.

A Topologia, enquanto ciência puramente qualitativa, promotora em si da deformação, do relacional e do transitório e, por tal, de potenciais transformações qualitativas, recria literalmente em si a noção do virtual, da possibilidade do devir ou se quisermos, daquilo que “*pre what will become*” (Massumi, 1998: 307).

“Topological transformations are in the form of the virtual–actual function.” (Carpenter, 2001: 222)

A TOPOLOGIA: MORFOLOGIAS DA CONTINUIDADE

A exposição desenvolvida no capítulo anterior, centrada no processo evolutivo da geometria, deixa transparecer no seu entretanto aquilo a que David Hilbert, no prefácio ao seu *Geometry and the Imagination*, estipula por dupla tendência base à matemática e, em geral, a qualquer pesquisa científica: por um lado, a tendência para a *abstracção*, procurando cristalizar as relações lógicas e correlacionar de forma sistemática e ordenada o labirinto da matéria estudada; e por outro, a tendência para a sua *compreensão intuitiva* que promove um entendimento mais imediato dos objectos em estudo, um relacionamento vivo com eles, por assim dizer, e que reforça o significado concreto das suas relações (Cohen-Vossen e Hilbert, 1999: iii).

Se a tendência para a abstracção levou, em geometria, à sistematização das suas teorias analíticas, projectivas, riemannianas, e à Topologia; de igual forma, é ainda hoje tão, ou mais até, verdadeiro quanto sempre foi o sentido de que a compreensão intuitiva desempenha papel notável em geometria. Tal realidade torna-se particularmente óbvia na discussão da geometria topológica e é explícita nos seus inerentes conteúdos de índole formal.

“From the first, the novelty of the methods used in the new field did not give a way to mathematicians to present their results in the traditional deductive form of elementary geometry; instead, the pioneers such as Poincaré were forced to base themselves largely on geometric intuition. Even today [1941] a scholar of topology will find that by insisting too much on formal rigor in the exposition it is easy to lose sight of the essential geometric content of a quantity of formal details.” (Courant e Robbins cit in Emmer, 2005: 81)

Obviamente, o desenvolvimento da disciplina ao longo dos anos, desde os primeiros estudos de Poincaré no seu *Analysis Situs* (1895), tem vindo a convergir para uma contextualização matemática rigorosa, como de resto atesta a extensa bibliografia do tema relativa à sua docência académica na área das ciências matemáticas⁵⁸. Ainda assim, é de facto este aspecto intuitivo central à definição da ideia de espaço e forma topológicos (Emmer, 2005: 81), que se pretende aqui relevar.

De acordo com a sua definição matemática, a topologia versa o estudo das propriedades qualitativas e intrínsecas das figuras geométricas que permanecem invariantes quando estas são submetidas a transformações contínuas. O círculo e a elipse, o quadrado e o rectângulo, por exemplo, são considerados topologicamente equivalentes, uma vez poderem ser, através de deformações, continuamente deriváveis entre si. O quadrado e o rectângulo têm o mesmo número de vértices e arestas e por tal, são topologicamente idênticos ou figuras homeomórficas, como refere Meserve (1983: 290).

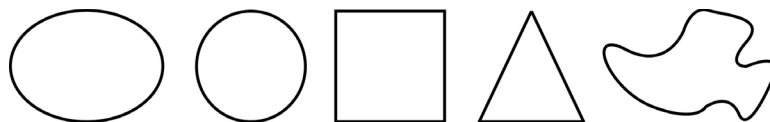


fig. 2.3. Exemplo de figuras topologicamente idênticas.

Da mesma forma, a esfera é homeomorfa ao cubo, ou qualquer outro poliedro regular. Contudo, o *torus* não o é, dada a sua particular configuração e cujo orifício é, posto simples, o elemento que lhe confere o género de objecto. Neste sentido, duas figuras com o mesmo género (genus) são homeomórficas e, por tal, criam conjuntos de figuras topologicamente equivalentes (Meserve, 1983: 290).

⁵⁸ Ethan Bloch (1997: 1) estratifica as diferentes variantes de estudo na topologia. A título exemplar: *point-set topology*, mais formal e que estuda a natureza mais abstracta da continuidade dos espaços; *geometric topology*, que estuda os aspectos relacionados com os objectos geométricos; *algebraic topology*, que visa a aplicação dos métodos abstractos da álgebra ao estudo dos espaços topológicos.

Para uma leitura introdutória e sintetizada de conteúdos particulares da topologia como sejam as noções de *networks* e *neighbourhoods*, nomeadamente através de casos exemplares como a problemática de *Koenigsberg Bridges* e *Map Coloring*, veja-se:

BARR, S. – *Experiments in Topology*. New York: Dover Publications, Inc., 1989 (1964).

Para uma outra, mais avançada e escolar, vejam-se:

FUCKS, D. e ROKHLIN, V. – *Beginner's Course in Topology: Geometric Chapters*. Berlin: Springer-Verlag, 1984.

HOCKINGS, J. e YOUNG, G. – *Topology*. New York: Dover Publications, Inc., 1998.

KELLEY, J. – *General Topology*. New York: Van Nostrand, 1955.

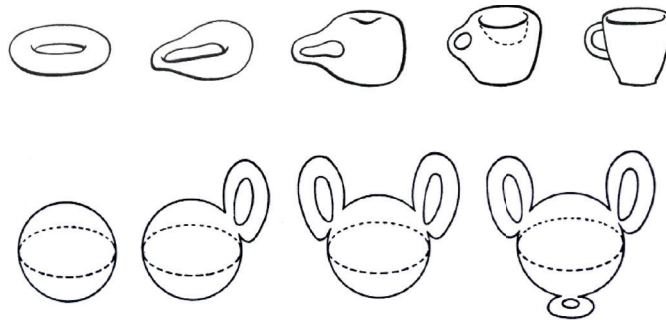


fig. 2.4. Homeomorfismo de um torus, segundo Barr ^(1989: 4) (em cima) e grupos de género topológicos (em baixo), segundo Meserve ^(1983: 298).

Esta particularidade do homeomorfismo torna-se interessante, diz Kolarevic ^(2003a: 13), à medida que se percebe que ele foca a estrutura relacional do objecto e não tanto a geometria deste, na medida em que a mesma estrutura topológica poderá manifestar-se geometricamente numa infinidade de formas.

“Topological transformations, first and foremost, affect the relational structure, and, thus, the resulting form(s). For example, a rectangle could be transformed into a triangle with a single topological operation of deleting one of its vertices.” ^(Kolarevic, 2003a: 13)

As noções topológicas concernem, pois, aos aspectos essenciais das figuras e definem as relações espaciais estabelecidas entre elas. Significa isto que a topologia expressa não só o dinâmico (com referência aos processos gerais de transformação contínua) como, mais que tudo, o qualitativo (com referência aos aspectos relacionais das figuras e do(s) espaço(s)). Ao contrário de uma geometria clássica que, de uma forma geral, como foi delineado, se baseia no estudo das propriedades quantitativas de espaço, ou seja, daquelas métricas (comprimento, ângulo, área), a topologia estuda as propriedades qualitativas dos espaços, na medida em que analisa as propriedades relacionais internas dos objectos geométricos quando submetidos a transformações contínuas.

Estas mesmas deformações podem levar, no caso da superfície, à intersecção de planos interior e exterior numa contínua mutação morfológica, como é o caso das superfícies não-orientáveis *Möbius strip* ou *Klein bottle*.



fig. 2.5. Möbius strip (esq.) e Klein bottle (dir.).

Objectos como a Möbius strip têm particular interesse, como sugere Cache ^(1995: 37) precisamente porque oferecem-nos um conjunto de imagens nas quais interior e exterior são noções destituídas de significado, e dessa forma, arquitectonicamente bastante explanáveis. Através do seu princípio intrínseco de unilateralidade, estas estruturas topológicas acabam por

potenciar o discurso arquitectónico ao diluírem as distinções normativas dicotómicas, como sejam circulação e limite ou exterior e interior. A virtude do paradoxo da não-orientabilidade desta figura reside no facto de nos transmitir um universo sem referências, sem topo ou base, esquerda ou direita, interior ou exterior e que exemplifica por isso a relação da inflexão (que é o elemento constitutivo do paradoxo) com o signo daquela singularidade intrínseca atrás mencionada que se verifica na transitoriedade da dobra.

Apesar destas figuras-chave funcionarem muitas vezes como embaixadoras da topologia e da transposição directa desta à paisagem arquitectónica⁵⁹, ainda assim, aquilo que é decerto mais relevante na topologia não será tanto as curiosidades que advêm destas formas que se apresentam aparentemente complexas mas antes a dimensão operativa inerente à estruturação de relações que ela, na sua generalidade, advoga. Precisamente porque as estruturas topológicas são comumente representadas por formas complexas e curvilíneas, a topologia é larga e erradamente tida por sinonímia de superfícies curvas. Ao invés, aquilo que melhor define a topologia segundo Kolarevic (2003b: 6) – e, em especial, no âmbito arquitectónico a torna tão apelativa – não será de todo a complexificação formal, mas antes e paradoxalmente, a mudança de ênfase da forma para a(s) estrutura(s) de relações e interconexões que existem interna e externamente dentro de um determinado contexto.

“Whether an architectural topological structure is given a curvilinear (“blobby”) or a rectilinear (“boxy”) form should be a result of particular performative circumstances surrounding the project, whether they are morphological, cultural, tectonic, material, economic, and/or environmental.” (Kolarevic, 2003b: 7)

Este equívoco taxonómico da topologia com respeito ao curvilíneo tem por base um outro que refere as geometrias topológicas enquanto não-Euclidianas. Pelo contrário, nota Massumi (2001a: 192), Topologia e não-Euclidianismo não são, de todo, sinónimos. Antes, categorias hierárquicas cuja pirâmide é constituída superiormente, segundo Meserve (1983: 310), pela topologia como a mais genérica das geometrias, abarcando em si a geometria projectiva que, por sua vez se distingue em três outras: hiperbólica, elíptica e afim, à qual pertence a Euclidiana. De resto, conforme descrito no capítulo anterior e como sucintamente o coloca Kolarevic (2003a: 15), ambas geometrias Euclidiana e não-Euclidiana são parte de um mesmo universo geométrico, sendo a primeira, embora firmemente estabelecida nos discurso e prática culturais e arquitectónicos, um caso especial da infinita escala de flexão ou dobra, que produz nivelamento como manifestação de equilíbrio. Apesar de inúmeras topologias serem não-Euclidianas, existem aquelas tais como a *Möbius strip* ou a *Klein bottle* que se baseiam na contínua transformação de figuras Euclidianas bidimensionais.

⁵⁹ Como reforça Kolarevic (2004a: 13), enquanto as possibilidades conceptuais destas geometrias topológicas de repercussões morfológicas e diagramáticas serão certamente intrigantes, estas suas qualidades inerentes são muitas das vezes difíceis de manifestar tectonicamente, como por exemplo a *Möbius House* de Ben Van Berkel e Caroline Bos atesta até certo ponto.

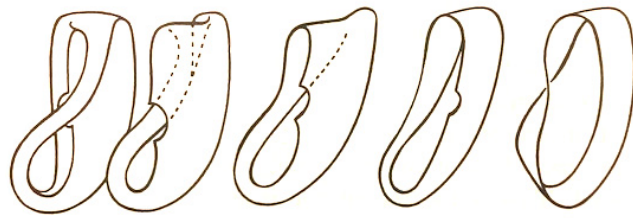


fig. 2.6. Contínua derivação da forma de uma Klein bottle para uma Möbius strip, segundo Barr (1989: 64).

A distinção relevante aqui a fazer trata-se contudo da diferenciação entre transformação topológica e figura geométrica estática, isto é, entre o processo de chegada a uma forma através da deformação contínua e a forma que se determinou quando o processo deformador pára. Será fácil de se perceber a infinidade de figuras potencialmente extraíveis de uma única transformação topológica, mas, mais importante, é o facto desta dita transformação ser uma *super-figura*, um elemento monádico que se define não pelas propriedades formais invariantes, mas sim pelo potencial de continuidade de transformação. A figura topológica passa, dessa forma, a ser definida por vectores e não por pontos coordenados. O vector é transposicional, no sentido de ser movimento entre pontos. Devido à sua natureza vectorial, a geometria da super-figura é inseparável da noção de duração e, portanto, de tempo.

O ponto de interesse da topologia está precisamente, segundo Gausa (2001: 586), nesta sua definição complexa que circula em torno da lógica temporal. As configurações variáveis e movimentos elásticos que se estendem não só às forças ou vectores que actuam sobre as próprias estruturas, como também às conexões implícitas produzidas entre elas, estabelecem diversos níveis de dependência e encadeamento de vizinhanças na estruturação da forma num determinado espaço-tempo.

“The appeal of the Topological geometries is in part aesthetic, in part technological, and in part ideological. Topology is ultimately about relations, interconnections within a given spatial context, and not about specific forms (...). Topology is, in other words, less about spatial distinctions and more about spatial relations.”

(Kolarevic, 2003b: 6)

Este princípio base da topologia, cuja elasticidade propõe invariavelmente a equação de relações temporais e noções de inter-dependência de vizinhança, interpela o questionamento acerca da exactidão geométrica das formas. Desde a publicação de *Origin of Geometry* em 1917 de Edmund Husserl que tem havido particular especulação filosófica em torno das formas *anexactas*. Tanto Jacques Derrida e Deleuze e Guattari terão, conta Lynn (2004a: 83), articulado as características de várias proto-geometrias que não são nem exactas nem inexactas mas antes *anexactas ainda que rigorosas*⁶⁰.

Husserl distingue as formas exactas enquanto elementos precisos capazes de serem reduzidos completamente (esfera, por exemplo), e por oposição, formas inexactas àqueles que não podem ser fixos dados os seus contornos não serem passíveis de descrição. Ao interrogar as geometrias exactas de Husserl, Derrida e Deleuze situam na essência vaga das ciências

⁶⁰ Vejam-se:

DERRIDA, J. – *Edmund Husserl's Origin of Geometry: An Introduction*, Nebraska:Bison Booking, 1989 (1962).

DELEUZE, G. E GUATTARI, F. – *A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia*, Minneapolis: University of Minnesota Press, 1987.

complexas não só rigor mensurável como também uma resistência à sua redução ideal: estas formas anexactas poderão ser descritas com precisão local ainda que não possam ser reduzidas na sua totalidade⁶¹.

Estas geometrias precisas e irredutíveis estão tipicamente associadas, como descreve Lynn, a disciplinas forçadas a desenvolver modelos que necessitam de ficar abertos ou incompletos. A capacidade que estes sistemas anexactos têm em medir comportamentos fluidos sem prender os seus efeitos a um estaticismo formal descreve precisamente uma prática compositiva aberta que reside no horizonte do rigor geométrico. Disciplinas dedicadas ao estudo da matéria vital desenvolveram descrições convincentes das formas vagas, através de raciocínios curvilíneos assentes em geometrias deformáveis de modo a descrever e a incorporar forças externas imprevistas no contínuo desenvolvimento morfogenético da forma (Lynn, 2004a: 85).

De facto, a curvilinearidade que resulta dos múltiplos parâmetros que influem à forma foi analisada através das variações na morfologia animal pelo zoologista D’Arcy Thompson. Como sublinha Lynn (1999: 26), ao comparar a curvatura das deformações nas configurações formais com a da informação estatística, como velocidade, temperatura e peso, Thompson foi pioneiro em notar forças gradientes, como as citadas, através da deformação, inflexão e curvatura.

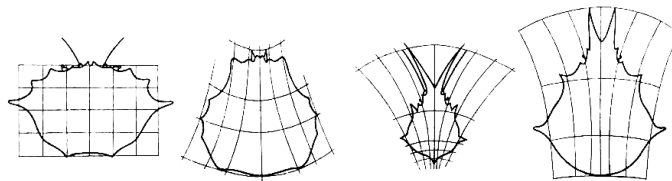


fig. 2.7. Estudo da transformação das carapaças de crustáceos através da deformação de uma grelha, por D’Arcy Thompson (1992: 294).

Mais importante, o estudo do autor exemplifica que em vez de se rotular a deformação enquanto sub-conjunto ou mesmo degeneração do puro, o termo poderá ser entendido como sistema de regulação e ordem resultante da integração e resolução de múltiplas forças ou campos interactivos.

Por outro lado, enquanto Thompson foi precursor na análise da deformação como índice de forças contextuais que actuam num determinado organismo, numa outra esfera, Étienne-Jules Marey havia já no final do séc. XIX estudado a curvatura enquanto notação de força e tempo. Como ilustra Lynn (2004a: 26), Marey terá sido um dos primeiros morfologistas a emancipar o modelo de estudo da forma no espaço cartesiano – desprovido de força e movimento – ao inquirir ritmos, movimentos e fluxos no processo afecto a ela. Aplicando técnicas de cronofotografia aliadas a sensores e reflectores localizados nos animais, Marey expõe as sequências rítmicas do movimento no plano. E ao conectar os pontos de reflexão através de linhas curvas para descrever a continuidade de movimento ao longo da sequência de fotos, acaba por descrever o tempo como um fluxo contínuo curvilíneo em vez de uma sequência de instantes distintos e dedutíveis.

⁶¹ A geologia, por exemplo, inscreve-se neste paradigma na medida em que não pode desenvolver um único modelo fixo na descrição da sabida transformação contínua da matéria do planeta.

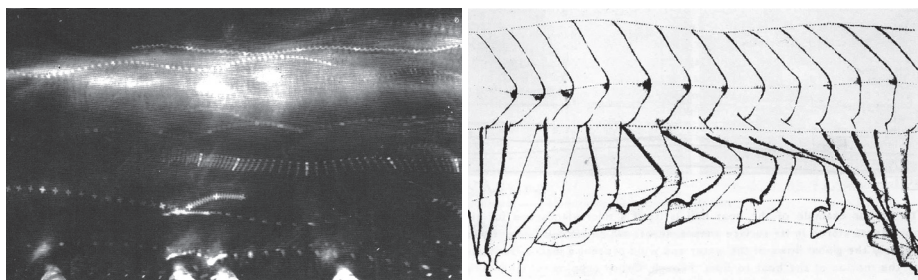


fig. 2.8. Conforme expõe Lynn (2004a: 28), neste seu estudo, Marey usa discos ópticos reflexivos anexados a partes chave do corpo de um cavalo para captar pontos de movimento. O filme do acontecimento é exposto a uma velocidade em que os pontos reflectores começam a diluir-se em rastros de movimento.

O exemplo mostra a diferença crucial entre a análise do resultado de movimento vectorial e as técnicas de dedução sequencial. Mais relevante ainda, estes modelos de continuidade temporal baseada na inflexão e curvatura dos trajectos e fluxos de movimento é semelhante, ou se assim quisermos, precursora da animação computacional como modelo de gestão formal (Lynn: 2004: 28). No seu ensaio, Massumi (2001a: 192) usa o termo ‘não-Euclidiano’ enquanto taquigrafia deste tipo de espaços transitórios, invariavelmente relacionáveis com a noção de tempo na sua definição formal.

“Non-Euclidean is a good enough nontechnical term for dynamic or durational ‘spaces’ that do not fit into the classical Euclidean (actually Cartesian) intuition of space as a triple-axis coordinate-box containing things. In this view, widely thought to correspond with our everyday experience, time is an independent variable adding a fourth, formally distinct, dimension to the traditional three of space. Topologically speaking, space and time are dependent variables. They are not formally distinguishable.”

Nestes termos, a relação das dimensões do espaço com as do tempo é a de uma inclusão mútua. Tal mutualidade, associada aos efeitos experienciais que provoca, traduz aquilo que se designa por *híper-figura* ou *híper-espaço* dado o agenciamento espácio-temporal da forma, e que Lynn verifica potenciado pelo uso da animação computacional. A definição geométrica deste processo dinâmico é possível mediante modelações e mapeamentos que reproduzem os hipotéticos movimentos e deformações a partir de combinações numéricas ou infográficas – representações digitais de um certo número de trajectórias – graças ao progresso da informática e das técnicas de cálculo.

Assente nos demais referidos princípios de continuidade das entidades topológicas, Lynn (1999: 8-43) justifica no seu livro *Animate Form* as implicações que as configurações topológicas levam na relação do tempo com a forma, com base nos novos modelos e técnicas de desenho operativo que a computação hoje concede. Se numa produção formal pré-digital, cujo potencial consistia, em grande medida, na extensão directa dos limites da geometria Euclidiana, a descrição e conseqüente construção de curvas compostas e complexas era conseguida pela concatenação de arcos circulares tangentes e segmentos de linha recta, a introdução da modelação digital nas práticas formais possibilitou o desprendimento destas lógicas geométricas Euclidianas, encaminhando-as para moldes geométricos topológicos, de curvas e superfícies contínuas que apresentam proeminentemente multiplicidade de controlo.

Estas superfícies curvilíneas do avantgarde digital são descritas matematicamente por *Non-Uniform Rational B-Splines*⁶² (NURBS). Estas, ao capacitarem o fácil controlo da sua forma através da manipulação interactiva dos seus pontos de controlo, fornecem uma computação eficiente da informação geométrica e representação da forma, proporcionando, em último reduto, a produção contínua de uma ampla variedade de geometrias desde linhas rectas e sólidos Platónicos a superfícies altamente complexas.

“NURBS make the heterogenous, yet coherent (...) The location of control points in a NURBS curve can affect its continuity locally, meaning that different segments can have different levels of continuity. For instance, two coincident control points in a NURBS curve would pronounce the curvature; three coincident control points would produce an angular cusp. This potentiality of NURBS curves of having varying continuity is referred to as *multiplicity*.” (Kolarevic, 2003a: 15-16)

Uma importante propriedade das curvas propostas por *splines* é a de que a sua curvatura se altera continuamente ao longo dos seus comprimentos, em largo contraste face às curvas produzidas por arcos circulares tangentes que, apesar da sua aparência suave, contêm pontos descontínuos em que a curvatura muda abruptamente. Historicamente, a geometria espacial barroca, assente na fluidez das superfícies sinusóides e das curvas compostas e sincopadas referentes aos segmentos ovais (Ostwald, 2006: 85), suscita as demais posturas teóricas que emprestam à sua produção espacial múltipla características da operatividade da geometria topológica dos meios digitais contemporâneos. Contudo, e não obstante as tendências metafóricas atrás perpetuadas acerca do barroco e a continuidade, Lynn (1999: 20), à semelhança de Cache (1995: 38), clarifica que, apesar das alusões ao movimento, o espaço barroco constrói-se a partir de regras e transformações geométricas clássicas: a sua plasticidade, composta por segmentos de múltiplos radiais definidos por pontos fixos com coordenadas exactas, evidencia claramente a sua concepção cartesiana e a incapacidade na gestão global da forma aquando da alteração local de elementos.

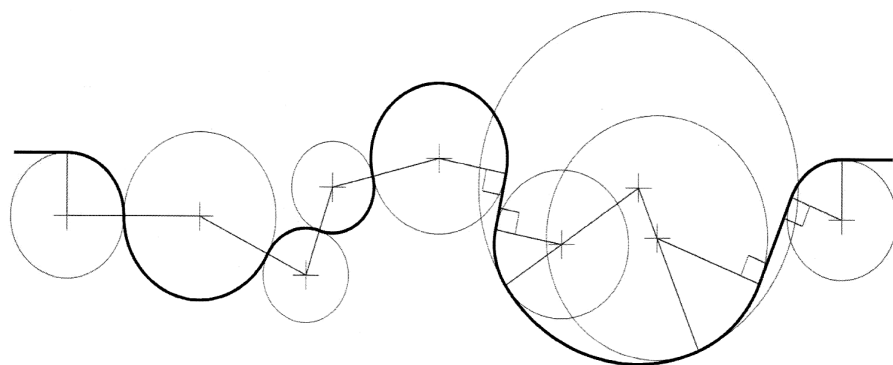


fig. 2.9. Exemplo de uma curva composta usando a lógica de tangência. Cada secção da curva composta é definida por um raio fixo e a conexão entre segmentos ocorre em pontos de tangência, segundo Lynn (2004a: 21).

⁶² Kolarevic (2003a: 15) refere as NURBS como equivalentes digitais das *drafting splines* usadas para desenhar as linhas complexas que resultavam das secções nos cascos dos navios e fuselagens de avião. Estas *splines* consistiam em tiras flexíveis de plástico, madeira ou metal, com pesos acoplados a elas, de modo a atingir e manter, respectivamente, a forma pretendida. O termo *spline*, de resto, tem a sua origem na construção naval, onde se referia a um pedaço de madeira cozinhada a vapor para conformar a curva desejada e cuja forma final mantida por grampos e cavilhas. Numa directa analogia, os matemáticos emprestaram do termo para descrever famílias de curvas complexas.

Pelo contrário, ao invés de compostas por pontos fixos e descontínuos e definida por extremos e centros, as *splines* são definidas por uma corrente contínua de valores relativos através da manipulação dos seus pontos de controlo, pesos e nós a eles associados assim como ao grau da curva em si. Apesar destes pontos de controlo se definirem num espaço Cartesiano, a *spline* não é definida por pontos-coordenada mas antes por fluxos.

“The spline curve is unlike a line or radius in that its shape is not reducible to exact coordinates. The spline curve flows as a stream between a constellation of weighted control vertices and any position along this continuous series can only be defined relative to its position in the sequence.” (Lynn, 1999: 22)

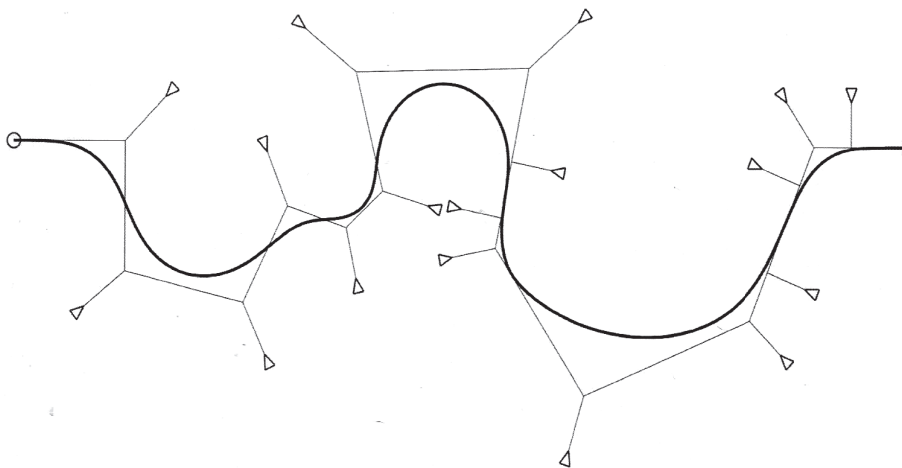


fig. 2.10. Curva similar àquela atrás representada, descrita usando a geometria *spline*, na qual o raio é substituído por pontos ou vértices de controlo com pesos associados sobre os quais a curva flui. Segundo Lynn (2004a: 21).

Como resume Kolarevic, a forma de uma curva NURBS é moldada primariamente pela alteração de localização dos pontos de controlo que, à excepção dos pontos de extremidade, não necessitam de pertencer à própria curva. Cada ponto de controlo tem associado um determinado peso, que determina a extensão da sua influência sobre a curva: o aumento desse mesmo peso puxa a curva ou superfície correspondente em direcção ao ponto de controlo e vice-versa. Cada ponto de controlo tem uma equação polinomial associada, comumente referida como uma função de base. Uma *rational B-spline* é definida matematicamente pela razão de duas funções de base, cada uma afectando unicamente a secção de curva na proximidade do respectivo ponto de controlo, a qual é delimitada pelos nós. Uma *non-uniform rational B-spline* constitui aquela na qual a influência do ponto de controlo na curvatura pode ser variável ao alterar a localização dos nós ao longo do segmento de controlo que liga os dois pontos de controlo. Noutras palavras, uma *non-uniform rational B-spline* é uma entidade com espaçamento desigual entre nós.

Por outro lado, o grau, isto é, o maior expoente de entre as equações polinomiais associadas aos pontos de controlo, afecta igualmente a forma de uma curva NURBS. Quanto menor o grau polinomial, mais próxima a curva se perfila em direcção aos pontos de controlo. Assim, a função de base de segundo grau (quadrática) puxaria a curva mais perto dos pontos de controlo do que os de terceiro grau (cúbicos). As funções de primeiro grau (lineares) produzem uma curva com segmentos de linha recta (Kolarevic, 2003a: 16).

Conforme exemplifica Lynn (1999: 22), uma *spline* de terceiro grau irá traduzir, segundo o posicionamento dos seus pontos de controlo, a sua origem e determinar a inflexão do seu fluxo entre cada série de três pontos de controlo. Uma outra de sétimo grau será definida pelo grupo de sete pontos de controlo.

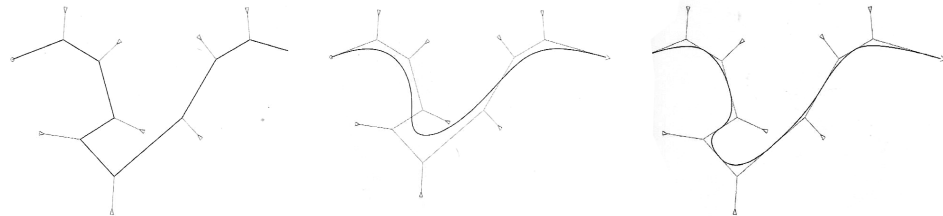


fig. 2.11. À esquerda, uma *spline* de segundo grau na qual a curvatura e inflexão é determinada pela sequência de posições entre apenas dois pontos ao longo do fluxo de movimento da *spline* (aparenta uma *poly-line*; ao meio uma *spline* de sétima categoria e à direita uma de três graus, cujas curvaturas e inflexões são determinadas pelos respectivos sete e três pontos adjacentes. Segundo Lynn (2004a: 24).

Como a imagem ilustra, apesar da constância dos pontos de controlo no espaço, a forma particular da *spline* altera-se em correspondência para com o grau de definição relativa dos pontos de controlo ao fluxo sequencial. De igual modo, verifica-se mudança na forma quando posicionamento e/ou direcção dos vértices, por exemplo, são alterados. A mudança dos pontos distribui uma inflexão através das regiões próximas a estas entidades, e nesse sentido, as *splines*, por delinarem fluxos vectoriais, figuram, por definição, multiplicidades contínuas ao invés de entidades descontínuas. Precisamente por se basearem em vectores, estas entidades topológicas são capazes de incorporar sistematicamente tempo e movimento na sua forma enquanto inflexão.

A inflexão, ou curvatura contínua, como explica Lynn (1999: 23), é o modelo gráfico e matemático para o imbricamento das múltiplas forças no tempo, ou seja, o modo de integração de entidades complexas inter-relacionadas numa forma contínua. A aparência orgânica daquilo que se discute como um sistema de interacção e curvilinearidade é o resultado de princípios organizacionais baseados em diferenciais. A determinação matemática de tempo expresso pela curvatura é possível através do cálculo diferencial, que anima numéricos instantâneos numa velocidade infinita, simulando o tempo.

Esta estruturação concorre para uma outra propriedade dos objectos NURBS, que do ponto de vista conceptual tem particular importância, que é a de que eles são definidos dentro de um espaço paramétrico local, situado no espaço geométrico Cartesiano tridimensional no qual os objectos são representados. Este espaço paramétrico é unidimensional para as curvas NURBS e bidimensional para as superfícies, sendo tais dimensões definidas topologicamente por um simples ou duplo parâmetro, respectivamente, referido geralmente por “U” e “V”, de maneira a distinguirem-se da tríade dimensional Cartesiana X,Y e Z.

Segundo Kolarevic, a descrição paramétrica de formas fornece um modo particularmente versátil de representação de curvas e superfícies complexas: conjuntos de equações expressam determinadas quantidades enquanto funções explícitas de um número de variáveis, isto é, parâmetros, os quais são independentes ou dependentes e geralmente não-únicos (no sentido em que as mesmas quantidades poderão ser expressas através de várias e diferentes estratégias

de parametrização). Desta forma, o desenho paramétrico, ao vincular uma exploração generalizante e a descrição processual algorítmicas da geometria, promove uma poderosa concepção de produção morfológica que assenta na descrição de uma série de possibilidades, substituindo o fixo com o variável, a singularidade com a multiplicidade, que muito reflete a teoria do objecto de Cache atrás sublinhada. Através do paramétrico, poder-se-á criar uma infinidade de objectos similares enquanto manifestações de um esquema previamente articulado de dependências operativas, relacionais e dimensionais variáveis. Quando a estas variáveis são atribuídos valores específicos, instâncias particulares são criadas de entre um potencialmente infinito número de possibilidades (Kolarevic, 2003a: 17).

“In parametric design, it is the parameters of a particular design that are declared, not its shape. By assigning different values to the parameters, different objects or configurations can be created. Equations can be used to describe the relationships between objects, thus defining an associative geometry – the “constituent geometry that is mutually linked.” (Kolarevic, 2003a: 17)

Pela primeira vez, através destas “explorações algorítmicas de produção tectónica” desenha-se não a forma específica de um objecto mas antes um conjunto de princípios codificados enquanto sequência de equações paramétricas através do qual instâncias específicas do desenho podem ser geradas e variadas no tempo, conforme necessário. O desenho paramétrico reclama deste modo por uma rejeição de soluções fixas em prol da exploração de potencialidades infinitamente variáveis.

Esta mudança da linearidade para a curvilinearidade na produção de forma acompanha, pois, uma matemática contemporânea que valoriza as formas complexas e sofisticadas de organização, as quais integram uma multiplicidade de entidades que, assumindo os atributos vectoriais, abrangem tempo e movimento. Tais organizações formais que resultam do cálculo sequencial matemático de equações diferenciais são irredutivelmente abertas em termos da sua forma, e frequentemente rotuladas por orgânicas devido à incapacidade de as reduzir a uma forma ideal (Lynn, 1999: 19).

“Underlying all of the contemporary animation software is a mathematics of the infinitely small interval which simulates the actual motion and time through keyframing. These transformations can be linearly morphed or they can involve non-linear interactions through dynamics. These sequential transformations are possible because the formal entities themselves are described using flexible topological surfaces made of vector splines rather than points.” (Lynn, 1999: 23)

Numa clara emancipação da dimensão Platónica e Cartesiana de espaço, em vez de submeter construções genéricas formais às influências dos campos de forças, este modelo geométrico potencia a visualização da própria forma dos campos de forças.

Enquanto colecção tridimensional de NURBS, outra classe de géneros topológicos que modelam agregados complexos e que exibem as qualidades de multiplicidade e singularidade supra sublinhada definem-se por *isomorphic polysurfaces*, ou comumente denominados de *meta-balls* ou *blobs*. Estes definem-se pela sua qualidade polimórfica estruturada por conjuntos compostos de entidades paramétricas mutuamente flexionáveis, com forças internas de massa e atração.

Como explica Lynn (1999: 30), o *blob* é definido por um centro, uma área de superfície, uma magnitude referencial a outros objectos e um campo de influência. Este último define uma zona relacional na qual o blob se fundirá com, ou será flectido por, outros blobs. Ou seja, quando dois ou mais blobs se encontram próximos, eles irão, por um lado, redefinir mutuamente as suas respectivas superfícies baseando-se nas suas propriedades gravitacionais particulares, ou por outro, fundir-se numa única superfície contígua definida pelas interações dos seus respectivos centros e zonas de inflexão.

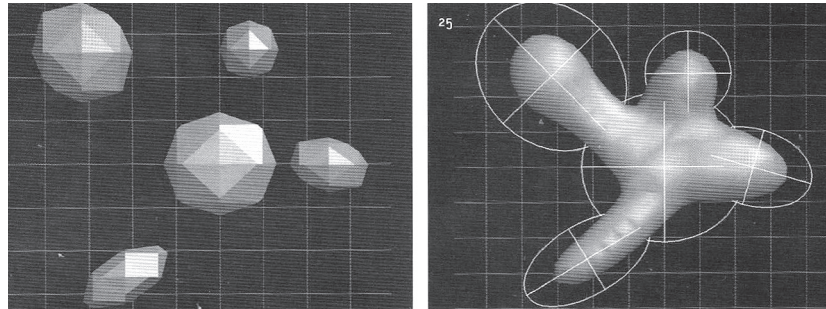


fig. 2.12. À esquerda, primitivos desconectados usados para a composição de uma *isomorphic polysurface*; À direita, uma *isomorphic polysurface* com primitivos fundidos numa única superfície colectiva.

Estas inflexões promovem tanto as combinações internas quanto as relações entre os elementos e suas deformações dentro de um território contextual mais largo. A adição de componentes e/ou uma mudança gradual ou abrupta no posicionamento relativo desses mesmos componentes ao longo do tempo resultam numa forma global mais complexa e instável. Isto é, a sua organização mais ou menos simples – em oposição a redutível – e mais ou menos estável – em vez de estática – é relativa ao número de interações entre os componentes num contínuo temporal. Pelo que não há qualquer diferença essencial entre uma formação mais ou menos esférica e um *blob*: a esfera e as suas simetrias provisórias são apenas indicadores de um nível baixo de interações com forças adjacentes, que aumentadas, se traduzem numa complexificação formal.

Como se percebe, este sistema de modelação “blobista” não se opõe ao reducionismo Cartesiano, como o considera Lynn (2004a: 175). Antes, incorpora-o, ou dita-o como uma instância ou caso particular de um sistema de relações objectuais mais complexo. Os objectos interagem entre si em vez de ocuparem apenas espaço: encontram-se relacionados através de um sistema de interações onde o todo é um processo aberto a variações, à medida que *meta-balls* – forças de influência – são adicionados e novas relações constituídas, criando novas possibilidades. Estes objectos, diz Kolarevic (2003a: 21), operam sob uma dinâmica temporalmente condicionada, em detrimento de uma geografia estática. Neste sentido, através da sua base relacional, um agregado geométrico como este figura uma multiplicidade: simultaneamente singular na sua continuidade e múltiplo na sua diferenciação interna.

“The term blob connotes a thing which is neither singular nor multiple but an intelligence that behaves as if it were singular and networked but in its form can become virtually infinitely multiplied and distorted.” (Lynn:

2004a: 172)

É nestes termos que o *blob* emula aquilo que Leibniz inaugurou como uma tradição alternativa através do seu *Ars Combinatoria* de 1666, na qual não se exclui a teoria de combinação de discussões acerca da ordem mas que, antes, faz do acto de combinação e desdobramento o principal modelo de composição e diferenciação de identidade. Uma vez a sua forma e organização serem contextualmente intensiva dada a sua dependência de condições externas para a sua composição interna, os *blobs* acabam por sugerir estratégias alternativas de organização e construção estruturais que fornecem novas formas complexas e intrincadas de combinação e relacionamento entre o homogéneo (geral) e o heterogéneo (particular) (Lynn, 2004a: 169).

A este objecto geométrico, Lynn (2004a, 30) designa-o de *primitivo monadológico* precisamente porque na sua essência de sempre *quase-sólido* sugere uma polivalência formal que lhe confere um carácter abstracto *a priori*. Além de se apresentar como modelo operativo de produção morfológica, o *blob*, enquanto modelo topológico, define um conceito alternativo de abstracção, mais generativo e evolutivo, uma vez que possibilita, através dos seus contínuos desdobramentos, a proliferação. Segundo Lynn (2004a: 39), isto marca a mudança da noção de abstracção modernista assente na forma e visão para uma outra baseada no movimento e processo.

“An alternative concept of abstraction, one that is more generative and evolutionary, involves proliferation, expansion and unfolding. This marks a shift from a modernist notion of abstraction based on form and vision to an abstraction based on process and movement.” (Lynn, 2004a: 39)

Rebecca Carpenter (2001: 222) refere mesmo que este *blob* funciona, na sua essência primária, como diagrama, ou se assim quisermos, utilizando a terminologia de Deleuze, como máquina abstracta.

“Foucault gives it its most precise name: it is a ‘diagram’, that is to say a ‘functioning, abstracted from any obstacle (...) or friction [and which] must be detached from any specific use. The diagram is no longer an auditory visual archive but a map, a cartography that is coextensive with the whole social field. It is an abstract machine.” (Deleuze cit in Lynn, 1999: 43)

Este regime diagramático subjacente ao conceito de *abstract machine* é referido por Gilles Deleuze (apud Lynn, 1999: 39) como um *assignifying concept*: por definição, um conceito “assignificante” é instrumental antes de ser representativo. O modelo pontua precisamente a virtualidade uma vez que surge de técnicas mecânicas, conceitos discursivos ou esquemas que precedem os efeitos representativos que os próprios facilitam.

Lynn (1999: 39) exemplifica esta definição de máquina abstracta e a noção de conceito “assignificante” através do sistema de teclado QWERTY, no qual a lógica de distribuição sequencial das ditas letras é baseada no controlo e optimização da velocidade com que uma pessoa dactilografa palavras na língua inglesa. Como sabido, não há uma única palavra ou frase que ateste tal distribuição, mas antes uma série indeterminada de palavras existentes e futuras. Precisamente porque aquilo que se equaciona é um universo aberto (*open series*), o sistema terá que ser caracterizado pela indeterminação da sua estrutura: o teclado em si, é uma máquina actual, porque é tecnológico, mas a distribuição das letras nas suas teclas forma um

diagrama virtual ou, se quisermos, uma máquina abstracta. Técnicas, em oposição a tecnologia, tornam-se expressão de relações⁶³.

Segundo Lynn (1999: 39), é neste espírito da proposição técnica abstracta ainda por se tornar concreta – e que materializa a virtualidade e o *evento* inerente ao *fold* deleuziano – que a topologia e a animação é entendida e deverá ser explorada. A passagem de um modelo representativo para um outro assente em proposições “assignificantes” será invariavelmente necessário a uma sensibilidade que pretenda tanger o potencial de máquinas abstractas como o são a geometria computacional do movimento e, em geral, a figura topológica. E nesses termos, de forma a transportar estas práticas para uma disciplina de arquitectura que é definida precisamente por ser o *locus* de tradução do virtual no concreto, torna-se deveras imperativo que primeiramente se reconheça o potencial delas enquanto estruturas abstractas. A falta de um entendimento detalhado da performance topológica enquanto diagrama e técnica estruturante organizativa sublinhará portanto uma alienação do potencial de discussão da sua operatividade na teoria e produção arquitectónicas, que se pretende traçar de seguida.

⁶³ Esta questão da sustentação de uma virtualidade diagramática de um sistema quando ele ultrapassa o limite do representativo para um outro organizacionalmente múltiplo está patente na interpretação de Deleuze da crítica de Foucault ao panopticismo, onde forma arquitectónica concreta é transformada em instrumentação abstracta. O panóptico é um tipo de arquitectura prisional idealizada pelo filósofo Jeremy Bentham no final do século XVIII que tem por objectivo o de permitir ao guarda prisional, através da sua torre central, observar os prisioneiros reclusos nas suas celas individuais em torno da dita torre sem que estes possam saber se são observados. Michel Foucault, vê no panóptico uma técnica moderna de observação que transcende o reduto prisional e se aplica à escola, fábrica, etc., e que por fim se desliga de todo o uso específico revelando-se como diagrama de uma “sociedade disciplinante”. Segundo Gilles Deleuze, a fórmula abstracta do panopticismo não é *ver sem ser visto*, mas antes *impor uma conduta qualquer ao universo humano em questão*. Veja-se: DELEUZE, G. – *Foucault*, Minneapolis: University of Minnesota, 1988.



CAPÍTULO III

INFLEXÃO

No último quarto do século XX, o discurso arquitectónico revolveu-se sobremodo em torno da expressão “complexidade em arquitectura”. Com efeito, a necessidade quase patológica que a arquitectura do término secular parece ter tido em anunciar continuamente o seu recém-descoberto interesse na complexidade será talvez a principal característica da teoria e desenho arquitectónicos desde o clímax do modernismo tardio.

O conjunto de truísmos e certezas que aparentavam sustentar a hegemonia do modernismo em arquitectura é largamente deposto perante uma série de textos-chave⁶⁴ que minaram a homogeneidade e ortodoxia moderna em favor de uma aceitação da descontinuidade e disjunção como parte da vida humana: o espaço urbano não poderia ser resumido a um número reduzido de tipos, mas antes ser o elemento que permeasse as múltiplas e contraditórias acções e contextos quotidianos nos quais se traduz a relação complexa do homem com o seu entorno espacial (Powell, 2004: 23).

O ensaio introdutório de Mark Wigley à exposição *Deconstructivist Architecture* assume precisamente o interesse pela produção de sistemas formais heterogéneos, fragmentários e conflituosos, como forma de incorporação das diferenças entre e dentro dos diversos contextos físicos, culturais e sociais. Este interesse pelas dinâmicas contraditórias posicionam Wigley e outros numa trajectória comum inaugurada por Robert Venturi através da sua publicação *Complexity and Contradiction in Architecture* em 1966. Independentemente da incomparabilidade ou significativa diferença de conteúdos, ambas as construções teóricas partilham interesse pelo conflito formal como reduto à complexidade (Lynn, 2004a: 158).

O carácter dissonante, perturbador e, não poucas vezes, inoperativo da “desconstrução” provocou, no entanto, reacções que desestruturam o conflito geométrico enquanto modelo teórico e operativo delineador da arquitectura e do urbanismo do final de século. Se porventura a linguagem da contradição provocou uma resposta reaccionária que reprime as descontinuidades culturais e contextuais necessárias à sua lógica em prol da recuperação de narrativas arquitectónicas unificadoras e totalitárias⁶⁵, mais importante parece aqui reter que a praxe de resolução das diferenças culturais através do conflito como método prescritivo da arquitectura tornou-se progressivamente suspeito, até internamente⁶⁶.

⁶⁴ Vejam-se:

VENTURI, R. – *Complexity and Contradiction in Architecture*, Nova Iorque, 1966.

ROWE, C. e KOETTER, F. – *Collage City*, Cambridge, 1978.

WIGLEY, M. e JOHNSON, P. – *Deconstructivist Architecture*, Nova Iorque, 1988.

⁶⁵ Tal unidade é proposta através de uma de duas estratégias: através de análises históricas (Neo-Classicismo ou Novo-Modernismo, p.e.) ou pela identificação de consistências locais (Regionalismo). Veja-se:

FRAMPTON, K. – *Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance*. In JENCKS, C. e KROPF, K. (ed.) – *Theories and Manifestoes of contemporary architecture*, 2nd ed. Chichester: Wiley-Academy, 2006. Curiosamente, segundo Lynn (2004b: 24), tanto esta reacção à heterogeneidade quanto a própria diversidade do avantgarde da contradição parecem inadequadas ao fundamento da arquitectura. A sua lacuna reside no facto de as duas frentes – reacção pela unidade ou a sua negação vanguardista – se prestarem a um processo de desenvolvimento disciplinar, em exclusivo, homogéneo ou heterogéneo, respectivamente.

⁶⁶ De facto, até os autores rotulados de “desconstrutivistas” começam nos anos noventa a procurar modos alternativos de resposta à complexidade do mundo contemporâneo. Segundo Powell (2004: 23) novas incursões arquitectónicas surgem

Como conta Neil Spiller (2006: 211), em 1991, num fórum de arquitectos internacionais reunidos por via da inauguração de uma série de publicações e eventos da *ANY magazine* com base na definição da arquitectura do *zeitgeist* do fim-de-século, surgem predominantemente as preocupações acerca das relações espaciais inconstantes e transitórias que as novas tecnologias da era electrónica adivinhavam outorgar à arquitectura⁶⁷. Mediante as inquietações, a *avantgarde* que havia superado, como dito, as suas preocupações com a Desconstrução e a linguística de Derrida, agarrava-se a um outro patronato filosófico, particularizado na obra conjunta de Gilles Deleuze e Félix Guattari *A Thousand Plateaux: Capitalism and Schizophrenia*, cujo modelo filosófico solicitava o inclusivo, capaz de rearticular e estruturar a mudança contínua, e sobretudo capaz de postular uma nova ideia do sublime ao mesmo tempo que lida com a parcialidade dos objectos. Esta tendência era acompanhada pelo interesse nos modelos científicos da complexidade e em particular naqueles geometricamente estruturados de René Thom.

Esta mudança do foco linguístico e representacional para um outro espacial, artístico e matematicamente modelado de Deleuze, assente no cálculo e nas ciências da emergência, na noção de caos e complexidade, vinculou novas abstracções espaciais que acabam por desenvolver uma estruturação arquitectónica do realinhamento, do fluxo, da metamorfose implícita e, posto assim, de uma arquitectura da *dobra*.

O FOLDING NA ARQUITECTURA E A FORMA DO DIGITAL

Em 1993, o periódico *Architectural Design* publica o número *Folding in Architecture*, editado por Greg Lynn. O trabalho teórico que a revista reúne, caracterizado pela substância arquitectónica a partir da obra de Deleuze *Le Pli*, anui a uma estética apontada à arquitectura assente na deformação, maleabilidade e flexibilidade.

Tal como a Desconstrução, o ponto de partida para uma '*Folded architecture*' (Spiller, 2006: 212) seria a dissolução das certezas arquitectónicas e relações espaciais constantes invocadas pelos mestres do Modernismo. O louvor ao *fold* por parte da frente arquitectónica baseia-se na sua capacidade conceptual de recriar uma lógica fluida e contínua de conectividade, reconciliando as ideias e acções díspares dentro da cidade contemporânea. Enquanto o confronto era o tema Desconstrutivista ao repto da complexidade, o objecto dos '*Folders*' (Spiller, 2006: 212) é o da plasticidade e da morfologia transformativa.

"If there is a single effect produced in architecture by folding, it will be the ability to integrate unrelated elements within a new continuous mixture." (Lynn, 2004b: 24)

Este é o mote de Lynn quando na sua edição introduz a dobra como a terceira resposta arquitectónica à disparidade e à complexidade cultural e formal de contextos. O seu ensaio

"as the product of a generation of architects who had previously espoused Deconstruction but now seek to adress issues (especially those related to the life of the city) in which confrontation cannot be all."

⁶⁷ O jornal *Anyone* transcreveu para a posteridade o evento, no qual participaram Eisenman, Koolhaas, Libeskind, Gehry, Anthony Vidler e William Gibson.

preambular⁶⁸ é, de resto, representativo de uma teoria crescentemente patente nas práticas teóricas/arquitectónicas de autores como Kipnis, Eisenman e Shirdel, entre outros, que se apoiam na topologia e sua lógica de transformação contínua como instrumento cultural e científico aplicável à arquitectura. Através de analogias com a geologia ou técnicas de culinária de combinação e mistura que anexa à complexidade das Catástrofes, Lynn (2004b: 24-25) desenha a arquitectura do *fold* enquanto táctica astuta para a integração activa de contingências específicas para além da simples adição através de uma estratificação flexível e contínua. Formas viscosas, “*that are sticky and flexible where things tend to adhere to*” (Vyzoviti, 2009: 131) apresentam-se como modelos instrumentais, à medida que se percebe que a postura curvilínea, enquanto modelo não-linear, estrutura a linguagem de uma arquitectura flexível à complexidade⁶⁹.

“Complexity is often described in a neo-Darwinian fashion as the gradual accumulation of differences that are in essence random in their combination and mutation. This explains combination and affiliation as an ad hoc process that is organized by some invisible hand – in the case of Darwinism the hand of external selection (...). In effect, affiliations between systems are mere super-impositions without method that are latter read by a system that is incapable of being theorized or understood; an external act of selection from outside of the system of differentiation. The parallels with certain architectural practices of the 1980s seem all too literal and obvious in relation to the use of superposition of information – such as conflicting grids or figures – which are then read for their latent organization. (...) Any definition of complexity as primarily the contradiction of multiple systems is doomed to being understood as a critique of Cartesian reductivism from within a Cartesian horizon.” (Lynn, 2004a: 160)

Greg Lynn traduz para a arquitectura uma complexidade que envolve a fusão de múltiplos sistemas diferentes num conjunto que se comporta enquanto singularidade não obstante permanecer irreduzível a uma única e determinada organização. Tal estado organizativo é invariavelmente distinto daquele meramente contraditório ou complicado uma vez organizar-se de modo singular e não fragmentário, ainda que de forma divergente da unitária ou holística pela sua multiplicidade interna. É nestes termos que Lynn desenha uma teoria da complexidade, em arquitectura, que despreza o único ou o múltiplo, em exclusivo, em favor de uma série de multiplicidades e singularidades contínuas. Em vez da substituição da estabilidade e unidade através da diferença sob moldes díspares, Lynn defende um processo de diferenciação contínuo como possibilidade de composição de uma unidade sempre incompleta e provisória.

“What is necessary for a rigorous theorization of diversity and difference within the discipline of architecture is precisely an alternative system of complexity in form: a complex formalism that is in essence freely differentiated.” (Lynn, 2004a: 163)

Este processo-base informa novas sensibilidades compositivas adquiridas através de sistemas dinâmicos de incorporação. Educado pelas geometrias alternativas, biologia e novas teorias

⁶⁸ *Architectural Curvilinearity: the Folded, the Pliant and the Supple.*

⁶⁹ John Rajchman, em referência ao livro de Gilles Deleuze, havia já articulado uma afinidade entre complexidade, ou *plex* words, e a dobra, ou *plic* words, no paradigma deleuziano de ‘perplexing plications’ ou ‘perplication’ (Lynn, 2004b: 27). Veja-se: RAJCHMAN, J. – *Perplications: On the Space and Time of Rebstock Park, Unfolding Frankfurt*. Berlin: Ernst & Sohn Verlag, 1991.

sistémicas que têm por denominador comum características transformativas flexíveis envolvendo a integração intensiva de diferenças num sistema que por isso se postula heterogéneo ainda que contínuo, tal modelo teórico equaciona a composição arquitectónica enquanto *interface* fluido: a tão apregoada diferença desde o advento Venturiano torna-se, nesta aproximação, a base para uma postura compositiva que rejeita o projecto desestabilizador desconstrutivista em prol de um outro paradigma que não exclui a teoria da combinação das discussões sobre ordem mas antes faz do acto de combinação o principal modelo de relações. Segundo o autor (Lynn, 2004a: 173), se o Cartesianismo está associado ao isolamento e redução de sistemas às suas entidades constitutivas, por outra via, Leibniz, através do seu *Ars Combinatoria*, estabelece uma epistemologia alternativa fundada na natureza sistemática das mudanças combinatórias que acabam por absorver nelas maiores graus de complexidade. No seu ensaio acerca da “curvilinearidade arquitectónica”⁷⁰, esta fluidez de relações e conectividade é gerida superiormente pelo *folding* enquanto estratégia de desenho que aplica conceitos topológicos da forma e, sobretudo, geometrias flexíveis da curva contínua como síntese de outros conceitos deleuzianos concorrentes como *affiliation*, *smooth space*, *pliancy* and *multiplicity*. Este processo de desdobramento relacional define a estruturação arquitectónica da dobra introduzida por Deleuze enquanto construção espacial ambígua, enquanto figura e não-figura, enquanto organização e não-organização, que, na qualidade de metáfora formal, conduz para a constituição de superfícies macias e maleáveis e espaços transitórios e relacionais entre objecto e envelope, entre edifício e seu local. Tal modelo alternativo de alianças entre *geometria flexibilizada* e *corpo sem dimensão única* é transportado para a arquitectura através do projecto teórico de Greg Lynn para a cidade de Chicago em 1991⁷¹. *The Stranded Sears Towers* tenta gerar um monumento urbano múltiplo que internaliza as influências de forças exteriores através da estruturação do objecto segundo moldes adaptativos ao invés de essencialistas.

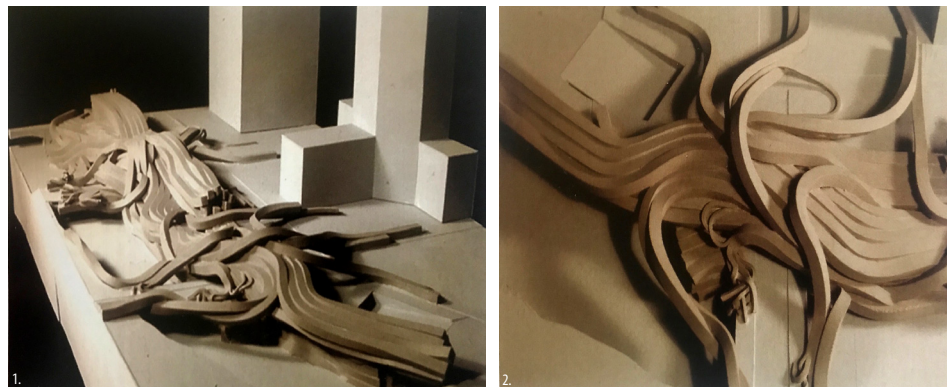


fig. 3.1. Greg Lynn, *Stranded Sears Towers*, 1991.

⁷⁰ LYNN, G. – Architectural Curvilinearity: the Folded, the Pliant and the Supple. In LYNN, G. (ed.) – *AD: Folding in Architecture*. Revised Edition. Chichester: Wiley-Academy, 2004 b. (1993). pp. 24-31.

⁷¹ Vejam-se:

LYNN, G. – *Stranded Sears Towers*. In DI CRISTINA, G. (ed.) – *Architecture and Science*. Chichester: Wiley-Academy, 2001. pp. 64-67.

LYNN, G. – *Folds, Bodies & Blobs – collected essays*. 2ª ed. Belgique: La Lettre Volée, 2004 a. pp. 52-56.

O projecto reformula o conjunto de tubos verticais que caracteriza a existente Sears Tower, dispondo-o de forma horizontal e acomodando-o às múltiplas e descontínuas margens do rio Chicago que compõem o local de implantação. As relações entre os tubos tornam-se “inexactamente” paralelas à medida que as suas deflexões engendram afiliações com eventos e entidades locais particulares, como sejam, edifícios adjacentes, pontes, tráfego e fluxos de pedestres, etc.. e que seriam reprimidas segundo um sistema de descrição mais rígido e redutor. As deformações através de torção e flexão não são acidentais ou flácidas de sentido mas antes imprevistas na medida em que surgem das condições específicas locais. A imagem resultante não é nem monolítica nem tão pouco pluralista mas antes o produto de uma ordem flexível e macia ditada pelos referidos vectores externos, como o próprio autor descreve:

“It is an assembly of microsystems that constructs an icon that is provisional. Examined closely, the unified image of the monument unravels into heterogenous local events. Irreducible to any single type and the potential to participate with external systems (...) The Standed Sears Tower is neither discrete nor dispersed, but rather turns from any single organizational idea toward a system of local affiliations outside itself.” (Lynn,

2004a: 55-56)

Esta nova sensibilidade arquitectónica – que Lynn pretende imprimir através de noções como *pliancy* and *smoothness*⁷² – mais elástica pela sua capacidade em desmultiplicar-se através da integração de elementos não-relacionados num todo contínuo é paradigmática do efeito produzido em arquitectura pela conceptualização do *smoothness* (*A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia*) e do *fold* Deleuziano (*Le Pli: Leibniz et le Baroque*) enquanto variação e desenvolvimento contínuo da forma. A dobra, ou *le pli*, como definido por Deleuze, postula uma noção pós-estruturalista de espaço feita de plataformas, fissuras, dobras, preenchimentos, superfícies e profundidades que se acrescentam à experiência espacial. O efeito do *folding*, diz Kolarevic (2003b: 4), traduz-se numa nova e distinta arquitectura do informe – *formlessness* – que acaba por questionar as noções do espaço construído, sua estética e utilidade.

A leitura de Eisenman do *fold* retém e enfatiza esta noção de alteração e transformação da forma (*morph*): uma categoria definida não pelo que é mas pela sua mutação e pelas leis que descrevem as suas contínuas variações⁷³. No seu ensaio *Folding in Time*, Eisenman (2004: 40-41) particulariza arquitectonicamente o conceito deleuziano de objecto-evento, ou *objectile*, através do seu *Rebstockpark masterplan*, em Frankfurt (1990-1991). Segundo o autor, a ideia da dobra enquanto evento temporal não impele a chamada para uma intervenção radical na área de Rebstock, nem um retorno à nostalgia do contexto como tabula rasa. Antes, propõe a extensão de um contexto existente no tempo, produzindo nesta extensão a possibilidade de singularidade.

O projecto refere-se à execução do plano director urbano de desenvolvimento comercial e habitacional de uma zona sita no anel perimetral de Frankfurt entre o aeroporto internacional e o centro histórico da cidade. A estratégia projectual de Rebstock Park esforça-se para reavaliar

⁷² A tradução dos verbetes fica aquém do seu significado plural. Ainda assim, o significado de *pliancy* e *smoothness* tem por base maleabilidade ou flexibilidade e fluidez, respectivamente.

⁷³ Eisenman (2004: 40) também relacionou esta noção diferencial do objecto a uma nova era das tecnologias electrónicas e das imagens digitais (sem qualquer referência, contudo, ao desenho assistido por computador). Então, o autor via a tecnologia de fax como o prenúncio de um novo paradigma da reprodutibilidade electrónica, oposto àquele da era mecânica e destinado a obliterar a destinação Benjaminiana entre original e reprodução.

toda a ideia de urbanismo estático – que lida unicamente com objectos em vez de eventos – ao ter em conta a realidade evolutiva da era dos *media* onde a dimensão do presente se torna um aspecto importante do passado e do futuro.

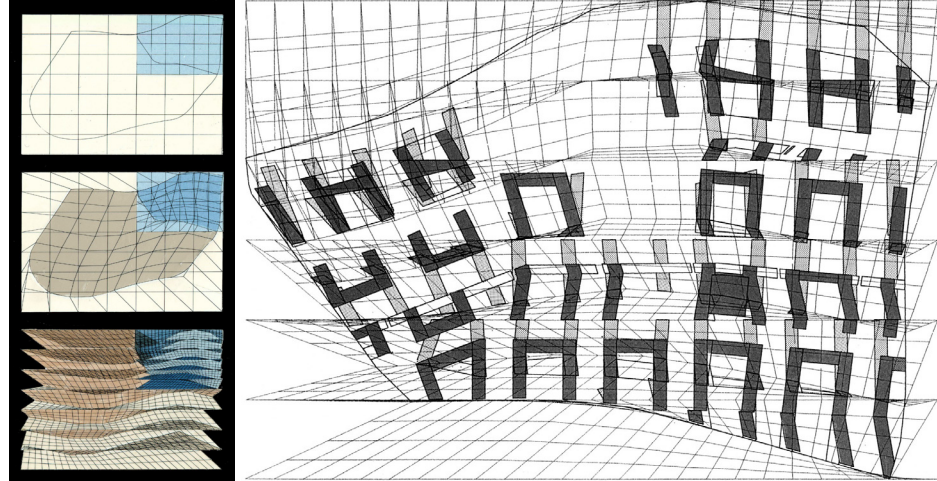


fig. 3.2. Peter Eisenman, The Rebstock Masterplan, Frankfurt, 1990-1991. Deformações e desdobramentos da área de intervenção a partir do segmento de grelha de Mercator.

Enquadrado por um segmento da grelha Universal Transversa de Mercator⁷⁴, Rebstock Park flutua dentro de um recipiente rectilíneo para obscurecer a sua posição residual junto da terceira faixa verde de Frankfurt. Ao comprimir o segmento da grelha de Mercator ao perímetro do local e, de igual forma, comprimindo esta grelha já de menor escala ao local de intervenção, leituras contingentes emergem à medida que as duas dimensões do local se dobram e desdobram, cada uma relativa à sua posição expandida (Eisenman, 2004b: 43).

“The idea of the fold gives the traditional idea of edge a dimension. Rather than being seen as an abrupt line, this dimension provides both mediation and a reframing of conditions such as old an new, transport and arrival, commerce and housing. Thus the idea of folding was used on the site to initiate new social organizations of urban space and to reframe existing organizations.” (Eisenman, 2004: 43)

Segundo o autor (2004a: 41), o solo dobrado de Rebstock, enquanto dispositivo que desconstrói as grelhas cartesianas e perspécticas da tradição clássica, habita um mundo inferior de um tempo entre o orgânico e o cristalino. Para Eisenman (apud Di Cristina, 2001: 9), o *fold* em arquitectura permite realizar a condição do se tornar (*becoming*), através das declinações “*involve-evolve, envelope-develop, compress-explode and contract-dilate*”, cujas acções conformativas correspondem precisamente ao dobrar-se ou desdobrar. As flexões, dobras e cúspides presentes numa arquitectura curvilínea – leia-se não-linear – são para o autor (Eisenman, 2004: 41) singularidades que constituem eventos topológicos – desdobrados no tempo. São pontos onde a variação ocorre e, uma vez os eventos implicarem a dimensão do tempo, onde as singularidades – pontos-evento – recriam a natureza pluridimensional do espaço.

⁷⁴ Universal Transversa de Mercator (UMT) utiliza um sistema de coordenadas cartesianas bidimensionais para, através de uma grelha, sistematizar a localização na Terra. É uma representação de posição horizontal, independente da localização vertical das coisas, e diferente do método tradicional de latitude e longitude, em vários aspectos, sendo ainda assim utilizado em muitos aparelhos receptores do sinal de Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Estas considerações acerca da arquitectura na sua ‘interioridade’ e do espaço como o seu conteúdo essencial⁷⁵ revelam o foco por parte da vanguarda na ideia de espaço topológico, no sentido de diferenciado, heterógeno e dinâmico, alternativo ao conceito tradicional métrico, quantitativo e homogéneo que as geometrias cartesianas educam. Como informa Di Cristina (2001: 9), este espaço arquitectónico de Eisenman gerado pelas configurações sujeitas à tensão é caracterizado enquanto campo dinâmico com direcções e trajectórias. Este sistema dinâmico de transformação por sua vez implica um campo de forças externas que pesam na conformação dos objectos: as formas da variação são uma expressão das acções que os vectores impõem enquanto flexão ou deformação. Este espaço vectorial é pois, um espaço qualitativo de variação: as configurações livres, espontâneas e cambiantes, possíveis através da flexibilidade geométrica, expressam a plasticidade e elasticidade conformativa sujeita a tais deformações. Ou seja, elas denotam a densidade energética do espaço, considerado como um campo energético de fluxos e não como um éter imaterial.

“The idea of the fold gives the traditional idea of edge a dimension. Rather than being seen as an abrupt line, this dimension provides both mediation and a reframing of conditions such as old and new, transport and arrival, commerce and housing. Thus the idea of folding was used on the site to initiate new social organizations of urban space and to reframe existing organizations.” (Eisenman, 2004: 43)

A arquitectura do *fold* implica portanto uma modulação temporal associada à continua variação do espaço, que produz em última análise dinamismo. Aqui, dinamismo não se deve ao movimento do observador, mas antes à modificação da própria forma do objecto capaz de revelar em si uma acção temporal. O objecto arquitectónico ganha, por conseguinte, a forma de um *objecto-evento*: não se define por uma forma essencial, mas antes pelo processo de formação e estratégias de desenvolvimento contínuo da forma (Di Cristina, 2001: 9).

Este ensaio de Eisenman entre outros como o Columbus Convention Center do primeiro, ou os de Shirdel e Zago, nomeadamente na sua entrada ao concurso para a Biblioteca Alexandria, o Vitra Museum de Gehry ou o Scottish National Museum de Kipnis, ao mostrarem uma mudança de interesse da semiologia em direcção a um outro assente na geometria, topologia, espaço e evento, constituem para Jeffrey Kipnis (2004: 60) exemplos de uma nova esfera de análise arquitectónica que o autor cunha por *DeFormation*. Tal termo, segundo o autor, pretende resumir abordagens que procuram engendrar afiliações que não obstante resistem permanecer em alinhamentos estáveis, através do enxerto de topologias abstractas que não podem ser decompostas em componentes simples e planares nem analisadas pela linguagem do formalismo arquitectónico simples.

O seu verbete é situado mais amplamente pelo próprio e deverá ser entendido segundo um conjunto de critérios prévios que qualquer Nova Arquitectura – como o põe – que procure contribuir para uma teoria espacial não-hierárquica e heterógena deve endereçar. *Vastness* (amplidão), *blankness* (vazio), *pointing* (indicativo), *incongruity* (incongruência) e *intensive coherence* (coerência intensiva), delineiam para Kipnis (2004: 59) generalizações ao projecto

⁷⁵ Di Cristina (2001: 13) refere que o espaço, apenas considerado como o essencial produto da arquitectura pela teoria arquitectónica a partir do final do século XIX, representa hoje o evento fundamental no quotidiano das experimentações arquitectónicas que pretendem ir além da geometria euclidiana e do espaço cartesiano em favor de outras novas espacialidades que a complexidade científica admitiu.

espacial/formal da heterogeneidade⁷⁶. Se por um lado, *vastness* procura uma extensão espacial suficiente para impedir a inscrição de padrões espaciais hierárquicos tradicionais, cuja implicação no desenho se traduz na generalização da planta livre e a extensão desta à secção livre, com ênfase nos espaços residuais e intersticiais; por outro, *blankness* extrapola o projecto Modernista da abstracção formal enquanto supressão de referências decorativas e ornamento para incluir forma e tipos canónicos. Ao evitar referências formais ou figurativas, a arquitectura poderá assim empreender relações formais e semióticas sem entrar em alinhamentos formais fixos, tendo pois por implicação no desenho a generalização da fachada livre ao aglomerado ou conjunto livre (*free-massing*). *Pointing* estrutura a necessidade da arquitectura em ser projectiva, isto é, em apontar para o surgimento de novas formas e arranjos sociais e, nesse sentido, projectar a transformação de um contexto instituído. A indeterminação deste apontamento desloca o ênfase na organização ou submissão a alinhamentos estáveis para a formação de afiliações ou relações provisórias. *Incongruity* reflecte o requisito binomial entre a manutenção e subversão de dados primários como sejam pré-existência, ordens ou noções estéticas adquiridas, por forma a evitar a hipóstase espacial. A consequente revogação de postulados arquitectónicos de harmonia e proporção impele a uma perspicácia e perspicuidade estrutural e de coordenação de sistemas projectuais entre plano, secção, fachada e objecto, ou entre detalhe e organização formal colectiva. Por fim, *intensive coherence* enquanto revogação do postulado arquitectónico holístico da unidade, implica que as propriedades de certos arranjos monolíticos absorvam em si relacionamentos múltiplos.

Seguindo tal generalização, a *DeFormation* de Kipnis, enfatizando o espaço-evento das novas geometrias, procura pela dita *blankness* através do alargamento da exploração formal monolítica do Modernismo rejeitando o apelo essencialista da geometria Platónica/Euclidiana/Cartesiana. Pela sua dimensão estética, *pointing* é realizado pela transformação de um contexto ao despoletar relações formais indisciplinadas e incongruentes. Para o autor (Kipnis, 2004: 61), *DeFormation* refere-se sobremodo a tais tentativas de ligação formal a influências contingentes através de afiliações, as quais são o mecanismo pelo qual *DeFormation* tenta apontar (point). Como esclarece, as *afiliações*, ou se quisermos, relações de associação, diferem das tradicionais relações de lugar uma vez não se tomarem por pré-determinismos introduzidos ao desenho mas antes efeitos que fluem a partir do carácter formal, topológico e espacial intrínseco ao desenho. Elas são provisionais, ligações *ad hoc* contraídas com contingências secundárias que existem de entre o seu lugar ou contexto estendido, e pretendem extrapolar aquelas reconhecidas influências locais ao projecto tais como as manifestas ou latentes tipologia e relação morfológica, linguagem material e tectónica

⁷⁶ Segundo Kipnis (2004: 59), as abordagens que reúnem estes termos e condições de uma Nova Arquitectura subdividem-se em dois campos que o autor cunha por *DeFormation* e *InFormation*. A primeira tenta gerar afiliações que resistem compor-se em alinhamentos estáveis, através do enxerto de topologias abstractas que não podem ser analisadas nem decompostas pelo formalismo planar. A estratégia da segunda, por outro lado, delineada pelas práticas de Koolhaas e Tshumi como exemplifica o autor, passa pela formação de um excerto colectivo, envolvendo elementos formais e programáticos díspares dentro de um monólito modernista neutro. Os resultantes espaços residuais incongruentes são então activados por camadas visuais, inovação programática e efeitos tecnológicos e eventos.

Embora ambos evoluam da mesma problemática da heterogeneidade, e ambos concordem em certas táticas arquitectónicas sublinhadas pelos critérios que Kipnis resume, como sejam o ênfase nos espaços residuais e intersticiais (vastos, incongruentes), ou nas formas monolíticas que evitam qualquer tipo de aplicação óbvia de ornamento ou referência figurativa (vazio – blank – e coerente), ainda assim a sua diferenciação é pronunciada: enquanto a *DeFormation* enfatiza o papel da nova forma estética e, portanto, do visual no engendramento de novos espaços, a *InFormation* destitui o papel da forma estética em favor de uma nova forma institucional, de programa e eventos.

predominante entre outras, usualmente introduzidas no desenho através da colagem. Pelo que, ao invés de reforçar os modelos dominantes do seu local através destes alinhamentos, as afiliações ampliam organizações menores ou suprimidas que também operam dentro do locus projectual, reconfigurando o contexto numa nova coerência. Precisamente porque elas convocam organizações díspares e estratificadas numa heterogeneidade coerente, o efeito de tais afiliações poderá denominar-se de *smoothing*.

Como consequência, se a incorporação de efeitos *a priori* no desenho se tornou entendido por problemático, a questão central para uma técnica de desenho “Deformacionista” torna-se a elucidação de métodos que gerem formas monolíticas e não-representativas que se prestem a relacionamentos afiliativos *a posteriori*. Nesse sentido, quer seja pelo interesse de Shirdel na geração de formas arquitectónicas disciplinadas não decomponíveis em dinâmicas simples de ponto/linha/plano/volume (geometrias anexactas) que o próprio cunhava de *black-stuff*, e que Kipnis (2004: 61) refere como abertura de palco ao princípio “deformacionista” da abstracção não-referencial; quer pelas considerações de Eisenman acerca da *weak-form*; ou pela incessante modelação da figura ou conjunto de figuras exercida por Gehry, consegue-se reconhecer do miolo das idiossincrasias uma plataforma ideológica cujos princípios se definem quer pelo ênfase na forma arquitectónica abstracta e monolítica que aborde o mínimo ou de todo seja estrangeira a referenciais ou tipos arquitectónicos adquiridos, quer pelo desenvolvimento de afiliações suaves com sistemas menores que operem no contexto através das intrínsecas qualidades geométricas, topológicas e espaciais das formas. Tais metodologias interpretativas estimularam investigações por variadas técnicas que constituem a apregoada não-representação, como sejam a aplicação de malhas topológicas ou práticas de *morphing* por via do uso de Splines e NURBS, enquanto modos de “anexactidão” à produção morfoarquitectónica.

É neste sentido latente de técnica que Kipnis (2004: 63) aponta para o conteúdo do *fold* em arquitectura e que faz reservar esta sua teoria acerca da DeFormação como eloquente percepção crítica dos fundamentos da dobra aplicados ao campo arquitectónico. Para ele, será no contexto do desenvolvimento da técnica e processo arquitectónicos, e não como filosofia aplicada, que a questão da dobra deverá ser entendida no produto arquitectónico “deformado”.

“All of this aspects of the fold are related to architectural effects. Although they may be attracted to the underlying work, none of the architects who make use of Thom’s fold diagrams, for example, make any claim, as far as I know, to inscribing the four-dimensional event space that the diagrams depict for mathematicians in the resultant architecture; any more than any architect claims to be inscribing the effects of Descartes’ philosophy when they employ a cartesian grid.” (Kipnis, 2004: 63)

A própria dobra enquanto figura e o *folding* enquanto processo transformativo terão aliás oferecido inúmeras vantagens ao processo arquitectónico muito antes da descoberta do *Le Pli* deleuziano ou introduzido no discurso da vanguarda de final de século os *folds* diagramáticos da Teoria das Catástrofes de René Thom, refere o autor. Esta sua interpretação estende-se ao projecto de Rebstock de Eisenman, o qual é para o autor conduzido sobejamente pelo *folding* enquanto processo e não tanto por uma qualquer dobra enquanto diagrama ou organização espacial: os desenhos, nem axonómicos, nem perspectivados, que iniciam o projecto – que reproduzem a ilusão representativa de desdobramentos das duas organizações (contexto local e estendido), posteriormente densificado em projecto – pretendem transformar o espaço

axonométrico moderno característico do esquema original (grelha Mercator) num outro visual e relacional que paira algures entre espacialidade axonométrica e perspéctica desdobrada em múltiplos pontos de análise. Conforme utilizado em Rebstock Park, enquanto processo exercitado numa matriz de espaço urbano, *folding* sustenta a possibilidade em gerar organizações de campo que negociam entre a homogeneidade infinita da grelha e a heterogeneidade hierárquica de padrões geométricos finitos. Por outro lado, quando aplicado enquanto processo de gestão entre duas ou mais organizações simultaneamente, ele estrutura uma potencial estratégia de suavização.

E se porventura os diagramas associados à teoria de Thom, como os exemplos da dobra parabólica ou hiperbólica umbilical, atraíram o interesse arquitectónico por demais razões, nomeadamente como modelo de disciplina do projecto a fim de evitar as armadilhas dos processos expressionistas, a sua ambiguidade de caracterização entre elemento puramente figurativo ou puramente abstracto, ao conceder-lhe por conseguinte o potencial de gestação de efeitos frágeis e semelhantes, transporta a frente arquitectónica para lógicas que surgem da percepção acerca das implicações arquitectónicas do termo dobra soltas do seu contexto figurativo matemático original⁷⁷. De facto, os diversos estratagemas, como aqueles diagramas de Thom relativos à dobra e cujo encadeamento geométrico fluido organiza forças a fim de descrever possíveis tipos de conexão, como descreve Lynn (2004b: 29), poderão efectivamente ajudar à definição desta variação contínua da forma arquitectónica, mas o processo da dobra continua a ser um puramente generativo, na medida em que não se relaciona com o produto final. *Folding* é um processo e não um produto, como alude Carpo (2004: 15): formas arquitectónicas não se desdobram (de facto, nas obras de Eisenman destacadas na edição *Folding in Architecture* elas fracturam-se) precisamente porque os edifícios, na sua génese, não se movem. Quando construídas, estas poderão, no melhor, representar ou evocar a continuidade da variação e movimento que rege o processo morfológico.

“(…) folding is a process, not a product: it does not necessarily produce visible folds (although it would later on); it is about creating built forms, necessarily motionless, which can nevertheless induce the perception of motion by suggesting the ‘continual variation’ and ‘perpetual development’ of a ‘form becoming’.” (Carpo, 2004:

15)

Este é o repto lançado por Carpo na sua análise dez anos depois do lançamento da edição *Folding in Architecture*, na qual, não obstante apresentar uma série de incongruências associadas à edição e a determinadas estratégias e projectos nela destacados, nomeadamente na possibilidade de os aportar simplesmente a uma longa tradição expressionista, assinala por outro que da panóplia de testemunhos e antiguidades conceptuais emergem brilhantes antecipações do futuro. Particularmente na apresentação de Lynn da cobertura ‘topológica’, como assim descreve, do Complexo Desportivo Municipal de Odawara (1990-1991) de Shoen Yoh, que inclui uma análise perspicaz dos novos potenciais formais e tectónicos, trazidos pela fusão do desenho e do fabrico computadorizado.

⁷⁷ Kipnis (2004: 65) define como mais fascinante aspecto da carreira de Eisenman a sua capacidade em derivar toda uma tese de projecto arquitectónico com base numa palavra ou frase-chave retirada das suas leituras de crítica e filosofia. De facto, os seus desenhos evoluem da sua reacção inicial ao que ele vê como implicação arquitectónica do termo, solta do seu contexto discursivo original. Seja a *deep structure* de Chomsky, o *trace* de Derrida, *fractal scaling* de Mandelbrot ou *weak* de Vattimo, as suas derivações arquitectónicas têm muito mais a ver com a sua intuição acerca dos potenciais efeitos arquitectónicos do que com a incorporação do efeito filosófico em questão.

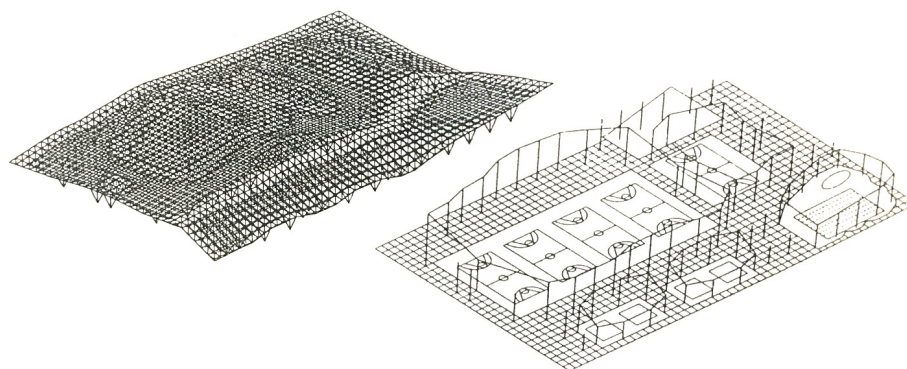


fig. 3.3. Shoji Yoh, Complexo Desportivo Municipal de Odawara, 1990-1991. Representação gráfica da especificidade local e fluidez morfológica global da estrutura de cobertura face às contingências programáticas. Axonometria.

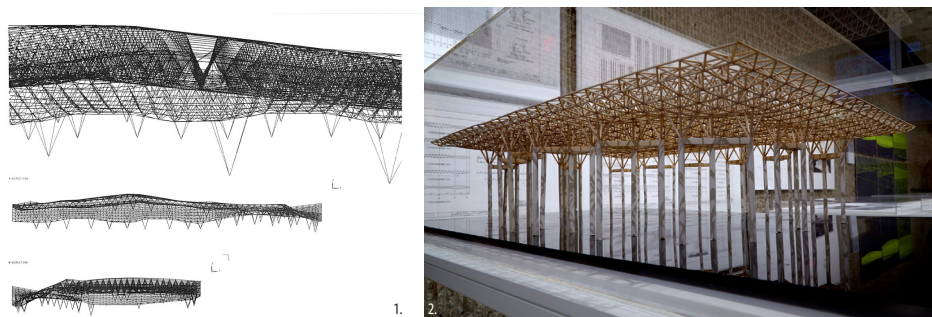


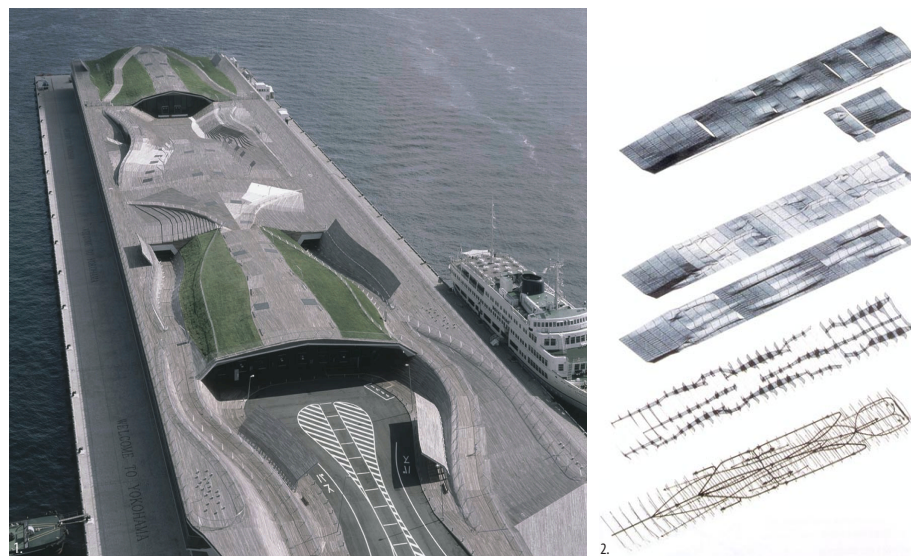
fig. 3.4. Representações digitais e maquete da cobertura do complexo.

Segundo Lynn (2004c: 95), a estruturação da cobertura do complexo desportivo apresenta uma lógica curvilínea e viscosa de tratamento espacial com base em sistemas fluidos e abertos que permeiam as dissonâncias entre os valores afectos ao projecto. As exigências de comprimento dos vãos estruturais, espessuras de viga, cargas laterais, alturas de tecto, iluminação, acústica e ângulos de visão influenciam a forma da estrutura da cobertura. Em vez de as reduzir a uma dimensão média ou uniforme, elas são mantidas através de uma liquidificação geométrica ou, se assim quisermos, como põe Lynn (2004b: 27), através de uma geometria anexacta ainda que rigorosa. Os comprimentos e contornos particulares dos membros estruturais apresentam uma imagem retida entre a exactidão geométrica e a configuração arbitrária, sendo que tal dicotomia entre estrutura e figura difere substancialmente do mais familiar binómio histórico entre estrutura e decoração. Ao padronizar uma relação unívoca entre estrutura e contingências internas ao projecto, a cobertura de Shoji desenha uma superfície topológica particularizada, difeomorfa e flexível aos desdobramentos necessários no cumprimento dos diversos pressupostos programáticos: a precisão e clareza do sistema de cobertura contínuo e heterogéneo é distinta daquela homogénea e redutível da *Galeria Nacional* em Berlim de Mies van der Rohe na qual se baseia, precisamente porque o projecto de Shoji não compreende apenas as necessidades estruturais, mas sim imbrica no seu substracto formal contínuo uma multiplicidade de sub-sistemas locais como luz, acústica, programa, entre outros. Tanto a estrutura como a figura do telhado são gerados unitariamente através da flexibilidade em

incorporar de forma líquida e relacional a multiplicidade de pressupostos e conexões locais num todo contínuo morfológico.

Apesar do trabalho de Yoh poder ser eventualmente inscrito dentro de um estilo expressionista de formas curvas, os seus princípios projectuais regrados traem a sua aparente aleatoriedade formal situando-o numa espécie de contextualismo (Lynn, 2004b: 26). A estrutura específica e especializada da cobertura que surge do diálogo entre forças projectuais díspares e resume um sistema flexível capaz de oscilar localmente sem desintegrar o todo, confere ao projecto de Yoh e modelos conceptuais usados a sua complexidade de carácter.

Este entendimento de desenho projectual mais plural e formalmente inclusivo que a tecnologia digital começava por esta altura a sustentar tem de resto paralelo com as premissas adoptadas por os demais arquitectos que vêm na estrutura digital novas capacidades de relacionamento entre a experimentação e desenho projectual e os próprios processos construtivos. E se porventura a apropriação das tecnologias digitais poderá ter redundado por vezes em simples epifanias formais, ela terá sobretudo efectivado uma sistematização projectual mais intensa que aborda na complexidade das configurações por elas possibilitadas instrumento de modelação arquitectónica da continuidade. Este é o caso do projecto vencedor do concurso internacional (1995) para a construção do *Terminal Portuário de Yokohama* (1995-2002), no qual Alejandro Zaera-Polo e Farshid Moussavi desenvolvem o protótipo através de uma única superfície cuja peculiaridade da sua dobra permeava as diferentes escalas do projecto e intercedia pelo enriquecimento dos espaços urbanos compartilhados. A superfície de curvatura variável introduzida como mecanismo de extensão e penetração de espaço urbano no interface funcional do terminal, promove, como transmitem os autores (FOA cit in Vyzovity, 2009: 139), uma relação pública com o espaço do terminal, negligenciando a sua presença simbólica enquanto porta (gate) e, dessa forma, descodificando os rituais de viagem prevalecendo antes uma estrutura funcional que se torna o molde de um espaço público a-tipológico, uma paisagem sem instruções de ocupação.



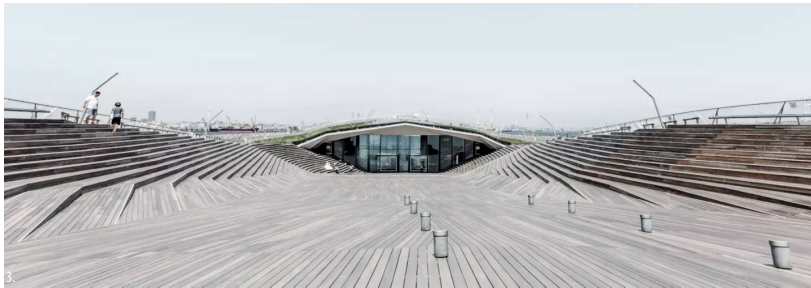


fig. 3.5. FOA, *Terminal Portuário de Yokohama*, Japão, 1995-2002. Topografia característica do edifício que estende o espaço público aos seus diferentes percursos e interfaces funcionais. Na página anterior à direita, diagrama de desdobramentos funcionais e estruturais permeados pela superfície dobrada.

A determinação formal do edifício manifesta um conceito de superfície topológica que abrange uma sequência de espaços curvilíneos nodais que realizam transições suaves entre os elementos programáticos multi-dimensionais. O programa do terminal de cruzeiros, que consiste num conjunto de circulações directas e difusas incluindo os fluxos de visitantes, passageiros, veículos e bagagens é organizado pela estratificação e entrecruzamento de trajectos, segundo um único esquema que dita a identidade espacial da obra. A circulação funciona como um diagrama em *loop* contínuo, rejeitando directamente qualquer noção de linearidade e direcionalidade. Através do dinamismo deliberado da linguagem material e tectónica do edifício possível graças aos avanços no desenho assistido por computador, os visitantes serpenteiam vertical e horizontalmente a topografia arquitectónica antes de chegar a qualquer destino, e as suas linhas de visão através do espaço são comparativamente tortuosas e indirectas.

Os princípios estruturais e construtivos baseados na contínua variação do arquétipo do *origami* e do padrão de espinha-de-peixe instensificam o conceito espacial primordial, manifestando uma fuga à tradicional separação entre envelope e estrutura do edifício. Apesar do arquétipo citado compreender uma estruturação genérica regular, cada unidade das placas de aço dobradas que desenham o *hall* do terminal é diferenciada: seguindo as orientações morfológicas flectidas da topografia superior, a geometria do padrão é tangencial e adaptada às curvas que regulam a complexidade formal das vigas curvilíneas. O padrão estrutural estende-se, portanto, a uma série infinita de variabilidade (Vyzovity, 2009: 140).

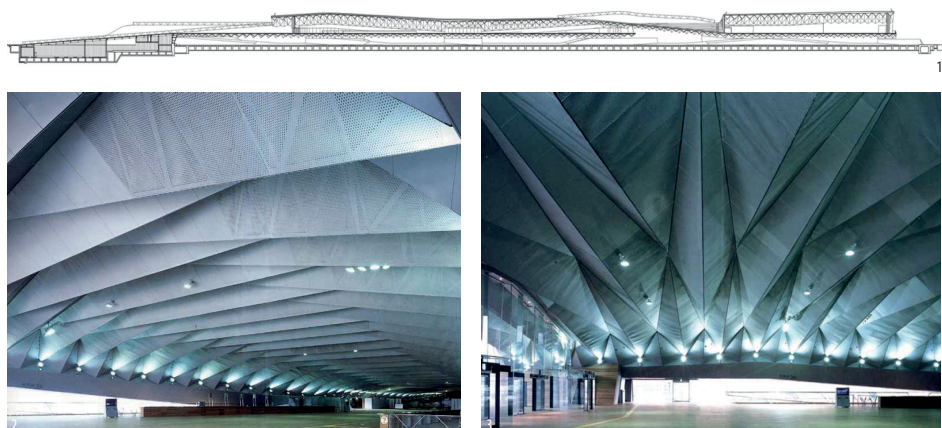


fig. 3.6. Corte Longitudinal e imagens ilustrativas da estrutura baseada no arquétipo do origami com variações contínuas assentes na morfologia da superfície curva.

O desenho radical do projecto e a sua resolução híper-tecnológica à data mostra, de resto, o capital da introdução expedita da computação na exploração da forma arquitectónica. O próprio concurso arquitectónico para o Terminal Portuário de Yokohama na sua globalidade é, aliás, convém salientar, profícuo ao entendimento do potencial do digital na análise estética e processual da arquitectura pela vanguarda do final de século. As demais entradas no concurso como aquelas de Greg Lynn e Reiser Umemoto, entre outros, salientam novas concepções contextualistas e de enriquecimento espacial compartilhado oriundas de metodologias animadas de produção arquitectónica que os novos meios digitais oferecem⁷⁸.

O advento digital e, em particular, o desenvolvimento das técnicas de desenho assistido por computador e o aumento exponencial da capacidade gráfica e de processamento da máquina trouxeram rapidamente aos arquitectos instrumentos para a manipulação matemática da continuidade. A fluidez, ou *smoothness*, primeiramente definida, diz Carpo (2004: 16), pelos teóricos do pictoresco nos finais do século XVIII como uma categoria visual, é afinal também ela uma função matemática derivada do cálculo diferencial. O computador, ao introduzir a possibilidade de visualização do cálculo, ou se assim quisermos, da infinidade de famílias de curvas que partilham um mesmo algoritmo cujos parâmetros potencialmente alteráveis em livre arbítrio, acaba por estruturar uma modelação topológica, animada da forma, que de resto sustenta uma nova relação projectual unívoca de concepção, representação e materialização do objecto.

No final dos anos noventa do século passado, Bernard Cache (1999: 67) sublinhava a noção de *objectile* atrás mencionada, concluindo que a matemática se tornara um objecto da manufactura, e Lynn (1999: 16), em consonância, referia enfaticamente não haver dúvida de que a visualização assistida por computador permitiu pela primeira vez aos arquitectos explorar formas baseadas no cálculo diferencial. Para o autor, como referido na sua introdução à edição revisitada de *Folding in Architecture* de 2004, o cálculo compunha nas entre-linhas o assunto da publicação, sendo que a descoberta e implementação deste por parte dos arquitectos continuaria a fertilizar o campo arquitectónico nos termos da complexidade formal e construtiva. Os trabalhos publicados na edição original apontavam para várias direcções tangentes à órbita do cálculo diferencial e da sua pesquisa acerca da continuidade, subdivisão e matemática generalizada da curvatura: uma abordagem multifacetada para com o detalhe, a estrutura e a forma, contando com os deslizos e a flacidez entre interligação complexa e singularidade, entre interacção de sistemas díspares e unidade monolítica global e entre componentes singulares e superfícies organicistas voluptuosas, é toda ela parte de uma mudança de paradigma morfológico do número inteiro e dimensão fraccionária para as sensibilidades formais e materiais do infinitésimo (Lynn, 2004d: 11). Pelas suas consequências generativas, conceptuais e construtivas, a aplicação do cálculo em arquitectura representa, de resto, para Helen Castle (2004: 7) uma mudança perceptiva e tectónica de escala similar àquela operada na Renascença quando Brunelleschi aplicou a perspectiva ao desenho do Baptistério de Florença e os edifícios começaram a ser concebidos no papel tridimensionalmente.

⁷⁸ A temática da animação digital como modelo de produção arquitectónica é tratada mais à frente. Para uma análise das obras mencionadas vejam-se:

LYNN, G. – *Animate Form*. New York: Princeton Architectural Press, 1999. pp. 120-141.

REISER, J. e UMEMOTO, N. – Yokohama Port Terminal. In PERRELLA, S. (ed.) – *AD: Hypersurface Architecture*, Profile 133, Vol. 68 n. 5/6, London: Wiley-Academy, 1998. pp. 44-47.

Percebe-se pois que a procura original pela ontologia da continuidade na forma arquitectónica, educada pelo texto filosófico de Deleuze e nascida em parte como reacção ao culto desconstrutivista da fractura, traduziu-se através da revolução do computador em meados dos anos noventa numa verdadeira teoria matemática da continuidade em arquitectura. Segundo Carpo (2004:16), sem tal perseguição pela continuidade nas formas e processos da arquitectura cujas causas deverão ser encontradas nos desejos culturais e sociais de então, os computadores muito provavelmente não teriam inspirado quaisquer novas geometrias da forma. Do mesmo modo, sem computador essa demanda cultural pela continuidade no pensamento e definição arquitectónicos cedo se esgotaria em “neo-barrocos e expressionismos” e potencialmente desaparecido da paisagem arquitectónica.

“The story of folding, and in particular of the way it went digital at a time when computers were becoming such a pivotal component of architectural design, once again suggests that only a dialectical interaction – a feedback of sorts – between technology and society can bring about technical and societal change: including, in this case, change in architectural form.” (Carpo, 2004: 16)

A noção de uma correspondência causal entre tecnologias digitais e geometrias complexas e, em particular a topologia, foi edificada sobre um truísmo mas generalizada numa falácia, diz o autor: se por um lado sem o computador certas formas complexas jamais seriam concebidas, projectadas ou construídas, por outro o computador não impõe formas *per se* nem articula preferências estéticas. De facto, foi a teoria do *folding* em arquitectura, como vem sendo explicado, que desenvolveu uma demanda arquitectónica pelo desenho digital e um ambiente a ele propício. Aos olhos de Carpo (2004: 17), ao atentar para a edição *Folding in Architecture*, não poderemos deixar de notar que as tecnologias digitais eram nela o principal protagonista *in absentia*.

Por consequência, quando as ferramentas de desenho digital se tornaram disponíveis, foram abraçadas e postas em prática no processamento daquilo que muitos arquitectos à altura mais aclamavam como modelação conceptual de desenho: o *fold*. O conjunto de proposições afectas à dobra que Vyzovity (2009: 141) resume por extensão, inflexão, multiplicidade, estratificação, continuidade e fluidez e que no fundo desenha o corpo de noções e estratégias prescritivas ao desenho arquitectónico curvilíneo – se quisermos, dobrado – descobriu-se de resto melhor agenciado pelo computador face aos desajeitados diagramas topológicos de Thom que numa primeira fase o educaram. Neste processo, diz Carpo (2004: 17), a dobra evoluiu em direcção a uma *seconda maniera* do movimento curvilíneo fluido, totalmente digital. As dobras tornaram-se *blobs*.

“It took a philosopher like Leibniz to anticipate all that contemporary computer science is only just beginning to realise. Take his clear and brilliant statement that any form, no matter how complex, can be calculated. That statement is what authorises our current attempts to design digitally, as well as our conception of *objectiles* as declinations of parametric surfaces.

This suggests philosophy as a calculus of reason and of forms.” (Cache, 1999: 67)

É pois neste contexto que os arquitectos do final de século se firmaram no potencial das novas tecnologias digitais para engendrar uma arquitectura de incorporação e conjugação, inquirindo rotinas espaciais e testando a manifesta capacidade criativa e morfogenerativa outorgada pela aplicação do computador. A compreensão pela vanguarda da linguagem morfológica de

espaço-tempo, quer conceptual – pela definição filosófica que remete a descrição espacial para moldes pós-representativos e que delineou toda uma teoria do *folding* em arquitectura – quer metodológica – pela prevalência dos princípios topológicos nos processos CAD que permitem uma composição formal animada – apadrinham renovações na natureza e no objectivo do pensamento e da criatividade arquitectónicos.

O cariz processual inerente à geometria do desenho digital rapidamente facilitou as investigações da forma-livre complexamente curvada, cuja índole excepcional face à norma – enquanto transgressões formais que desafiam as convenções omnipresentes (fundamentalmente rectilíneas) da prática arquitectónica – levanta questões essenciais acerca da natureza morfológica da arquitectura. A emergência de morfologias curvilíneas complexas e o fascínio e proliferação de tais formas “blobistas” na paisagem arquitectónica estará certa e intrinsecamente ligada a um discurso cultural mais amplo, já habituado aos contornos curvos e arredondados e às superfícies livres que caracterizam objectos do quotidiano humano como resultado de um design industrial tecnologicamente informado pelos meios digitais de modelação e execução tridimensional. Como o foi caso no passado, a frente arquitectónica contemporânea encontrou a sua legitimação na exploração dos ulteriores avanços tecnológicos, nomeadamente nos referidos meios de concepção e produção digital e respectiva estética do curvilíneo por eles permeada. Enquanto manifestação destes processos pós-mecânicos da Era da Informação, que transformaram culturas, sociedades e economias à escala global, estas arquitecturas são vistas, diz Kolarevic ^(2003b: 5) como produto lógico e inevitável do *zeitgeist* digital.

O uso de software de modelação digital (tridimensional) e animação (tetra-dimensional) pelas práticas da *avantgarde* arquitectónica do início de século abriu novos territórios de entendimento e exploração formal em arquitectura que, pelo não convencionalismo dos seus processos generativos, desafiou aqueles tradicionais de desenho e construção arquitectónicos. A modelação tridimensional baseada nas NURBS atrás descritas potenciou um universo de formas complexas que, até ao aparecimento das ditas tecnologias CAD/CAM, seriam dificilmente concebíveis, desenvolvidas, representadas e, por consequência, produzidas. Novas arquitecturas topológicas encontraram a sua expressão tectónica em morfologias complexas e curvilíneas que rapidamente entraram no domínio corrente da prática arquitectónica. Contudo, estas novas morfologias arquitectónicas, que resultam de processos generativos baseados em conceitos de espaço topológico, sistemas dinâmicos e desenho algorítmico e paramétrico, aludem a discussões e mudanças no domínio arquitectónico não apenas de índole puramente formal.

Segundo Lynn ^(1999: 17), o desafio para a teoria do desenho em arquitectura passa pelo entendimento dos novos instrumentos digitais de uma forma mais sofisticada que aquele simplista que os relaciona com um mero conjunto de novas proposições formais. Questões caras a eles como tempo, força, inflexão e deslocamento (motion), que têm sido, aliás, permanentemente eludidas da descrição arquitectónica devido à sua “essência vaga”⁷⁹, e que

⁷⁹ O estatismo, diz Lynn ^(1999: 13) é um conceito intimamente ligado à arquitectura e, em particular, a modelação arquitectónica com os paradigmas e tecnologias de estatismo formal. Por seu turno, tempo e deslocamentos têm sido entendidos por “essências vagas” uma vez não poderem ser dimensionados dentro de um sistema estático de descrição pontual. Lynn ^(1999: 42) cita a argumentação de Lucia Irigaray de que, devido à persistência do Cartesianismo, se verifica uma desatenção histórica a estes sistemas temporal e formalmente indeterminados – vagos – de organização. Veja-se:

introduzem técnicas elásticas de gestão de gradientes de fluxos e forças temporais⁸⁰ suplantando os tradicionais instrumentos de exactidão e estatismo, podem ser agora experimentadas no regime compositivo arquitectónico.

Características dos modelos estáticos como permanência e rigidez de tipo são ultrapassadas por um espaço virtual – no qual a arquitectura é concebida – mobilizado pelos atributos topológicos de tempo e inflexão: o conceito de protótipo discreto, ideal e fixo – *typological fixity* – diz Lynn (1999: 13), é transformado num modelo do multi-tipo que é flexível, continuamente mutável e diferenciável. Este multi-tipo, ou *envelope performativo*, como lhe chama, não privilegia um tipo fixo mas antes modela uma série de relações e expressões de entre uma variedade de potenciais. Esta técnica através da qual se poderá extrair tanto uma como uma série de instâncias – radicalmente diferente da identidade iterativa de variação de um protótipo fixo – parece rejeitar qualquer noção de tipologia, quer urbana ou estrutural, estereótipo morfológico, estilo ou moldura históricos. Para Kolarevic, estas arquitecturas digitais são não-tipológicas, descontínuas, amorfas e a-históricas, e representam por isso uma ruptura ideológica, conceptual e formal muito à semelhança da *Bauhaus* de Gropius: prefiguram um modelo totalmente novo de pensamento arquitectónico, o qual ignora convenções de estilo ou estética por completo em prol de uma contínua experimentação baseada numa geração e transformação digital de formas que respondem a complexas influências contextuais ou funcionais, ambas estáticas e dinâmicas (Kolarevic, 2003b: 4).

De facto, a partir do momento em que o desenho arquitectónico é estruturado dentro deste espaço monadológico Leibniziano, as suas arquitecturas abraçam um espaço abstracto activo, numa lógica de especificidade micro e macro contextual oriunda do balanceamento de vectores que operam o regime processual morfológico. Mais do que atentar às naturais derivações “orgânicas” como cristalizações formais da era digital, o subproduto estético do uso do desenho animado radica, de facto, nas questões processuais da sua arquitectura dinâmica, ou seja, na predominância de um sistema temporal assente em técnicas de deformação e transformação como modelo operativo da busca compositiva. Através da sua estruturação topológica definida por vectores coordenados que agenciam relações, os *blobs* e a sua representação tectónica não exprimem apenas tipos formais mas mais do que isso, são modelos operativos de um pensamento arquitectónico por detrás.

“These are not merely shapes but the expression of the mathematics of the topological medium.” (Lynn, 1999: 18)

Por outro lado, a esta consequência morfológica introduzida pela computação, concorre uma outra metodológica que assenta na capacidade de organização laboral que o processamento digital advoga.

Através do uso das ditas tecnologias digitais que possibilitam a gestão de informação entre desenho e manufactura, o processo de exploração, descrição e construção tornou-se mais directo, complexo e, sobretudo, elástico porquanto a informação pode ser extraída, partilhada,

IRIGARAY, L. – The Mechanics of Fluids. In IRIGARAY, L. – *This Sex Which Is Not One*. Ithaca: Cornell University Press, 1985. pp. 106-118.

Esta taxionomia pretende pois indicar as propriedades de forças, comportamentos e relações que são inerentemente dinâmicas e que, por tal, não podem ser quantificadas conclusivamente.

⁸⁰ Em física, gradiente significa a taxa de variação de uma grandeza física, ao longo de uma dimensão espacial e numa direcção.

alterada e utilizada com maior rapidez e facilidade. Da mesma forma, através do colapso de etapas entre concepção e fabricação exercida pela relação unívoca entre processos de desenho e manufatura computadorizados, as respectivas características únicas do trabalho artesanal e da produção sistémica em massa coabitam neste sistema de criação (CAD/CAM) que favorece o fabrico expedito e económico de séries de objectos matematicamente coerentes mas diferenciados.

Como refere Kolarevic ^(2003b: 7), esta alteração processual é bem mais significativa que aquela primária formal: a convergência dos processos de representação e produção baseados no digital representou a mais importante oportunidade para uma profunda transformação dos processos projectuais da profissão. A criação e produção arquitectónicas segundo estes moldes processuais elásticos e inter-relacionados de desenho, análise, representação, fabrico e montagem são representações de um sistema colaborativo contínuo e homogéneo, topológico na sua condição relacional imediata e não-hierárquica entre fases, ao qual o autor denomina de *continuum digital*.

“They [advances in CAD/CAM technologies] opened up new opportunities by allowing production and construction of very complex forms that were, until recently, very difficult and expensive to design, produce and assemble using traditional construction knowledge. A new digital continuum, a direct link from design through to construction, is established through digital technologies. The consequences will be profound, as new digitally-driven processes of design, fabrication and construction are increasingly challenging the historic relationship between architecture and its means of production.” ^(Kolarevic, 2003b: 3-4)

Este regime processual possibilitado pelas geometrias digitais – que poderão ou não redundar em morfologias arquitectónicas complexas e “blobistas” – aproxima o arquitecto, de resto, a um maior contacto e controlo do domínio construtivo que deriva precisamente destes processos de extracção e partilha de informação em tempo real entre projecto digitalmente produzido e performance construtiva. Pelo que, como reforça Kolarevic ^(2003b: 8), o uso das tecnologias digitais na produção arquitectónica levanta não só as referidas questões ideológicas, formais ou tectónicas, como também questões acerca do significado da informação e seu controlo. Para o autor, a construção deste modelo tetra-dimensional codificado com informação de ambas as dimensões quantitativas e qualitativas necessárias ao desenho, análise e fabrico juntamente com a definição temporal da sequenciação de montagem resulta num processo laboral coeso, completo e homogéneo que concentra no arquitecto a coordenação global – qual mestre de obras⁸¹ – dos vários ofícios naturais à produção arquitectónica. Conforme Zellner ^(1999: 61), Mark Goulthorpe sugere que este processo de cálculo do espaço, forma e estrutura usurpa a tradicional concepção de projecto e eclipsa aquilo que refere como o anterior papel determinista do arquitecto, desafiando até a própria distinção entre arquitecto, engenheiro e demais constituintes necessários à produção arquitectónica.

“The separation of entities corresponding to the productive division of elements is precisely what is being called into question. If there are any sacred cows to kill, it is not so much the strict geometry and standardization of components that industrial production has seemed to suggest, but the structures of thought

⁸¹ Kolarevic ^(2003b: 8) refere que, através da produção, análise, controlo e partilha imediata de informação entre partes do processo construtivo, os arquitectos colocam-se num posicionamento central readquirindo, eventualmente, os poderes absolutos do mestre de obras medieval. Veja-se ainda: KOLAREVIC, B. – Information Master Builders. In KOLAREVIC, B. (ed.) – *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. New York: Taylor & Francis, 2003a. pp. 55-62.

itself, and in particular the linear and rationalizing tendencies that such divisions have championed.” (Goulthorpe

cit in Zellner, 1999: 14)

Nestes moldes, o computador, defende Zellner em sequência, não poderá ser entendido, portanto, como mero instrumento facilitador de produção ou controlo analítico mas antes como entidade simultaneamente generativa e gestora de um processo projectual não-linear que, em último reduto, define uma arquitectura de processos colaborativos imediatos e o arquitecto coreógrafo de uma produção espacial e material contínua e criativa (Zellner, 1999: 14).

TOPOLOGIA E O PROCESSO CONTÍNUO: PERFORMANCE ARQUITECTÓNICA (?)

Ao longo da história da arquitectura, como aliás marcado no primeiro capítulo, técnicas descritivas impactaram as práticas de desenho e construção arquitectónicas. Acontecimentos como o advento da perspectiva, projecção estereométrica e outras técnicas geométricas alargaram o reportório descritivo do desenho arquitectónico. Não obstante, a matemática da forma e espaço em que os arquitectos historicamente se têm refugiado envolve descrições matemáticas cartesianas das quais tempo, a duração e a sequência, são eliminadas. Contudo, como também descrito pela especulação deleuziana acerca da dobra, na geometria e matemática que Leibniz criou para descrever uma circunspecção espacial interactiva, combinatória e múltipla (que permanecem como as bases para a topologia e o cálculo) a noção de tempo torna-se integral às relações espaciais a serem calculadas. Ela, de particulares conotações metafóricas e experienciais no domínio histórico da arquitectura, assumiu na arquitectura do virar de século um papel igualmente íntimo nas concepções arquitectónicas que empreendem a escultura cinemática do espaço. Tempo e movimento, argumenta Zellner (1999: 14), foram instrumentalizados em arquitetura com a ajuda de softwares de animação poderosos que permitiram às práticas arquitectónicas desenvolver novos paradigmas espaciais e técnicas de desenho dinâmicas e evolutivas.

É pois por via do referido que os meios digitais se tornaram cada vez mais percebidos em arquitectura não como instrumento de representação e visualização mas sobretudo, enquanto tecnologia generativa para a derivação da forma e sua transformação, ou se assim quisermos e como lhe chama Kolarevic (2003a: 13), da *morfogénese digital*. Através de uma lógica generativa interna que contrasta com uma modelação externa da forma e que potencia a produção, de modo automático, de uma variedade de possibilidades da qual se extrai uma proposição formal apropriada para desenvolvimento futuro, as normas estáticas e previsíveis dos processos convencionais de gestão formal são abandonadas em favor de complexidades geradas computacionalmente.

Tendo partido de estímulos exteriores à arquitectura, como a literatura de Gilles Deleuze, artes culinárias, as matemáticas de René Thom e outras fontes, por forma a desenvolver técnicas de desenho desdobradas que traduzam formas arquitectónicas elas próprias flexíveis com respeito às suas condicionantes externas, Greg Lynn desenvolveu desde então técnicas de projectação mais fluidas baseadas nas modelações animadas que procuram produzir, como descreve Speaks (2001: 186) para citar o seu livro, “*lifelike ‘animate form’*”. Argumentando o uso do vídeo enquanto agente que percebe o contexto urbano animado – em movimento – dando origem a novos entendimentos entre arquitectura e urbanismo, Lynn reúne nas suas técnicas de desenho

baseadas em movimento um vitalismo anorgânico e uma nova atenção para a modelação de forças que pretendem gerar a relação de tensões produtivas entre uma arquitectura estável (por oposição a estática) e um urbanismo entendido como a gestão de ecossistemas de relações. Através do seu projecto especulativo *Embryologic House* (1997-2001), Lynn inscreve uma estratégia de exploração do espaço doméstico que envolve questões contemporâneas de identidade e variação, “customização” e continuidade, fabricação e montagem flexíveis, englobadas numa estética da superfície ondulada. O projecto, que espelha aliás significativas nuances do conceito de *objectile* de Cache, assenta no desenvolvimento de limites geométricos – ou primitivos – dos quais se libertam instâncias modelares variadas, ministradas, ainda assim, por uma sensibilidade genérica comum a todas elas. Utilizando software *Microstation*, Lynn estabeleceu primeiramente os parâmetros para a geometria da *Embryologic House*: através da experimentação de um conjunto de pontos de controlo anexados a esta geometria base, o autor estipula os limites prescritivos ao desenvolvimento formal animado.



fig. 3.7. Greg Lynn, *Embryologic House*, 1997-2001. Modelos físicos de algumas das iterações formais.

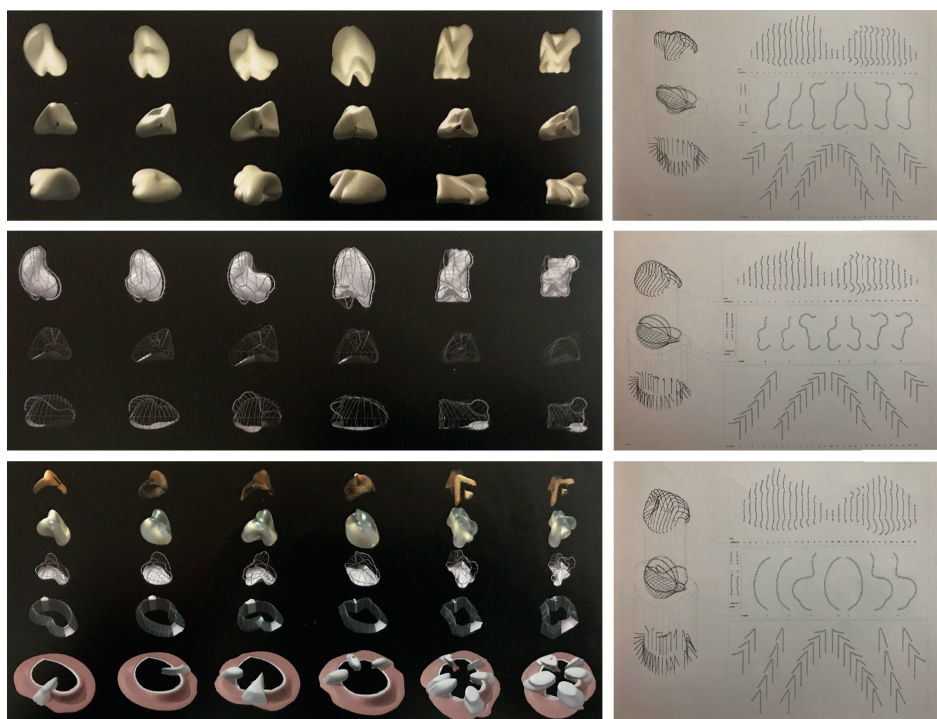


fig. 3.8. Geração de possíveis matrizes do ovo (à esquerda em cima); matriz estrutural para as permutações do ovo (ao meio); axonometria explodida dos componentes de seis sistemas habitacionais (em baixo). Através da utilização de técnicas de desenho flexíveis associadas à manufactura digital, cada casa (três exemplos em cima à direita) detém uma morfologia e tamanho próprios apesar de se conformarem segundo um número específico de componentes e operações de fabrico.

Os ficheiros paramétricos resultantes foram então importados para o software Maya que, pela sua capacidade de processamento e gestão infográfica, habilitou a produção das queridas superfícies flexíveis curvas. Modelos físicos relativos às iterações foram produzidos através de tecnologia de prototipagem (CNC) de modo a testar a compatibilidade do desenho com as tecnologias de manufactura⁸².

Esta sua técnica de variação formal iterativa em contínua semelhança de relativos, que é sustentada pela fuga da uniformidade e standardização construtiva exercida pelo computador, permeia ademais a necessidade comercial contemporânea, conforme Lynn (2000: 31-32) diagnóstica, de uma razão simultânea entre identidade de produto e sua variação dentro de um mesmo sistema gráfico e espacial.

“With the progressive saturation of our imaginations by an advanced advertising media culture – which becomes more and more creative, artistic and cunning in its techniques of creating desire for formal variation and uniqueness while maintaining brand identification – a more advance generic identity is not only possible, but necessary, for contemporary domestic space.” (Lynn, 2000: 31-32)

Este seu contemto pela forma ideal ou original e a atenção registada antes na mutação das configurações marca sobretudo uma substituição das técnicas mecânicas, modernistas, por um modelo mais vital e evolutivo de desenho e construção embriológico. Segundo Kolarevic (2003a: 13), tais modelos animados de projectação capazes de uma consistente, contínua e dinâmica transformação e derivação da forma inspiram uma morfologia arquitectónica focada nas propriedades emergentes e adaptativas da forma. Isto é, intrínseco às técnicas generativas digitais, o ênfase muda portanto de uma postura de *produção* (making) de forma para outra de *procura* (finding) da forma.

“The plan no longer “generates” the design; sections attain a purely analytical role. Grids, repetitions and symmetries lose their past *raison d’être*, as infinite variability becomes as feasible as modularity, and as mass-customization presents alternatives to mass-production.” (Kolarevic, 2003a: 13)

Estes princípios de desenvolvimento da forma traçam ressonâncias com a construção conceptual da obra de Kiesler (1890-1965), cujo trabalho escultórico-arquitectónico se caracterizou, conforme Spiller (2006: 42-43), pelas geometrias abertas e arquitecturas de eventos espaço-temporais.

Numa era de profundas alterações na definição de espaço e energia (os anos vinte do século passado são os anos dourados da física quântica) a incerteza e indeterminismo arquitectónicos parecem ter constituído o seu objectivo primordial. Em adição, à semelhança dos novos arquitectos da dobra digital, ele desprezava o funcionalismo racional e as constrictões geométricas da tradicional arquitectura Modernista, pelo que constrói uma arquitectura a que chamava de “tensionismo”, polarizadora da recusa de paredes e, por tal, assente em geometrias estruturalmente holísticas e de curvatura dupla enquanto modelo que agrega os arquétipos de

⁸² O estudo da fabricação controlada computacionalmente pelo exercício produziu, conta Zellner (1999: 139-141), mais de 2048 painéis únicos na forma que moldam a geometria associada dos protótipos da casa. Estes volumes definem-se por superfícies flexíveis de curvas ao invés de um conjunto fixo de pontos rígidos e as suas aberturas respeitam a geometria suave do envelope curvo através de estratégias de integração de rasgos no desenvolvimento evolutivo da superfície. As diferentes iterações modelares foram realizados com resina de estéreo-litografia sensível à luz ou plástico ABS e através de moldes – os tais painéis – de madeira de MDF moído. Referidos por Lynn como nódulos ou “ovos”, os modelos de plástico ABS foram produzidos em três tamanhos, “A”, “B” e “C”, reforçando ainda mais a associação a lógicas comerciais de produto, como os ovos de supermercado.

divisão exterior/interior – geometrias de ovo e de pupa de insecto⁸³. Exultando as virtudes da arquitectura enquanto disciplina relacionada com o tempo, Kiesler manifesta-se sobretudo por uma elasticidade de construção que pudesse compensar a elasticidade da vida moderna. A sua *Endless House* (1953-1959) constitui um longo e sensível projecto que visava “*soltar espaço em galáxias de espaços abertos a vivências*” (Kiesler cit in Spiller, 2006: 43), sublinhando a exuberância destas e correspondente emancipação psicológica e emocional do habitante. Apesar de evocar tenuemente nela avanços tecnológicos, o autor pretendeu exonerar o ambiente doméstico do projecto de uma escravatura da mecanização moderna: ele viu o seu projecto não como uma máquina-de-habitar, mas sim como organismo delicado e temporalmente experienciável através de nuances como os seus esquemas cromáticos que banham os espaços internos em função da movimento e incidência solar.

Estes preceitos de Kiesler paralelizam não só a percepção Lynniana da estética do curvo como o próprio enquadramento conceptual ao projecto de Lynn. Além de simples exercício de exploração do potencial dos novos processos morfológicos, muitas das mutações formais da Casa Embriológica de Lynn advêm das preocupações por parte do autor da adaptação formal às contingências de local, clima, estilo de vida, necessidades funcionais e efeitos espaciais e estéticos específicos (Lynn, 2000: 31). Conforme o autor observa em *Animate Form*, é deveras importante a qualquer desenho baseado em parâmetros que nele figurem o desdobramento – *unfolding* – de um sistema interno, e a interiorização – *infolding* – de campos de informação contextual (Lynn, 1999: 42). Para este, a forma arquitectónica não constitui apenas a manifestação das suas lógicas relacionais internas orientadas por determinados parâmetros. Deverá igualmente envolver e responder a influências dinâmicas, muitas vezes variáveis, que desenharam o seu envelope ambiental e socioeconómico.

Lynn argumenta que, se o modelo cinemático de tempo prevalente na arquitectura elimina a força e o movimento da articulação da forma, reintroduzindo-o posteriormente, após o facto do desenho, através de conceitos e técnicas de processamento óptico; em contraste, o desenho animado é definido precisamente pela co-presença do movimento no preciso momento da concepção formal. Forças, enquanto condição inicial, produzem como ambos seus efeitos o deslocamento e a particular inflexão da forma (Lynn, 1999: 11-13).

“Animation is a term that differs from, but is often confused with, motion. While motion implies movement and action, animation implies evolution of a form and its shaping forces.” (Lynn, 1999: 9)

No lugar de um espaço abstrato neutro, a condição de desenho torna-se um espaço abstrato activo, ordenado pela corrente de forças que podem ser armazenadas como informação na configuração morfológica. Forma e sua transformação tornam-se produtos de uma acção dinâmica de forças que alude para uma circunstância processual morfogenética, paralela àquela estudada por D’Arcy Thompson em *On Growth and Form*: embora a forma física possa ser definida em termos de coordenadas estáticas, a força virtual do ambiente no qual é projetada contribui para a sua conformação. Lynn (1999: 11) atribui a esta posição a significância da

⁸³ A pupa refere-se ao estado de um insecto que passa por metamorfoses entre a larva e a fase adulta. As pupas de diferentes grupos de insetos têm nomes diferentes, como a crisálida para a pupa de borboletas. Ela pode ser ainda anexa a outras estruturas, como casulos, ninhos ou conchas.

alteração de paradigma de um espaço passivo para um espaço activo de interacções que, por sua vez, implica uma alienação face à pureza autónoma em favor da especificidade contextual. À semelhança dos seus outros dois projectos contemporâneos – *Yokohama Port Terminal* (1994) e *House Prototype in Long Island* (1995) – que partilham os mesmos preceitos conceptuais, o projecto de concurso *Port Authority Gateway* (1995), em Nova Iorque, fornece uma demonstração efetiva de como as dinâmicas que flutuam no espaço podem ser incorporadas na formalização arquitectónica⁸⁴.

Para suprir o projecto requisitado de uma cobertura e esquema lumínico para a parte inferior das rampas de acesso ao terminal de autocarros da Autoridade Portuária, Lynn apresenta uma complexidade compositiva resultante de uma estratégia de modelação que interpreta a simulação de forças inerentes ao fluxo dos constituintes urbanos – pedestres, veículos, etc., cada qual com diferentes velocidade e intensidade de movimentos – ao longo dos espaços adjacentes ao local de intervenção. Estas forças de movimento variadas estabelecem um campo de atracção gradual que define o espaço. Segundo a descrição do autor (Lynn, 1999: 103), para encontrar a forma deste campo de atracção invisível, a configuração dinâmica dos referidos factores é simulada pela introdução de um conjunto de partículas geométricas com índices de peso e velocidade variados e cujo posicionamento e forma é alterado de acordo com a influência das forças.

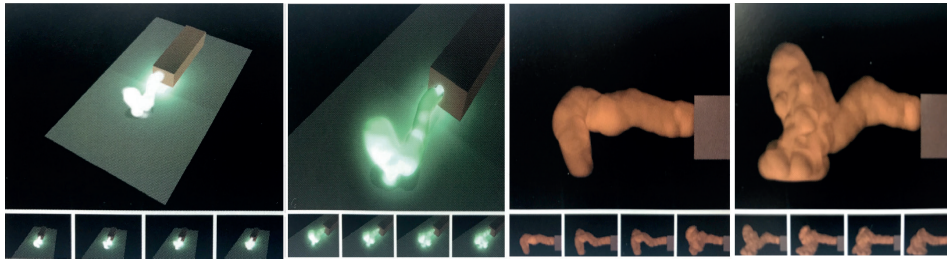


fig. 3.9. Segundo Lynn (1999: 104), o local do projecto foi instrumentalizado com forças de atracção baseadas no movimento de pedestres e automóveis, através do uso de software “Wavefront”. Os respectivos gradientes de velocidade são visualizados através da adição de uma nuvem emissora de partículas no espaço de entrada das rampas de acesso aos autocarros do Terminal. A sequência de imagens ilustra a modelação da densidade de partículas pelo movimento das ditas forças que operam no local.

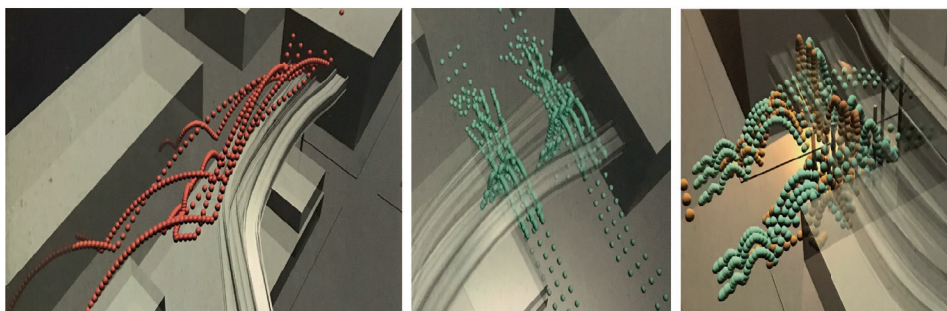


fig. 3.10. Segundo Lynn (1999: 108), em vez de se congelar um único instante de um estudo de partículas, a utilização da técnica de *animation sweep* captura a sequência de posições através de uma determinada fase do seu deslocamento. As partículas libertadas da fachada oeste do terminal de autocarros e da 9th Avenue são as fontes destes *sweeps*. Devido à elasticidade e densidade destas partículas e à sua coabitação num espaço de forças gravitacionais, as trajectórias tomam a figura de arcos resistentes à gravidade.

⁸⁴ Para uma leitura avançada sobre as particularidades dos dois projectos, *Yokohama Port Terminal* e *House Prototype in Long Island*, veja-se: LYNN, G. – *Animate Form*. New York: Princeton Architectural Press, 1999. pp. 120-163.

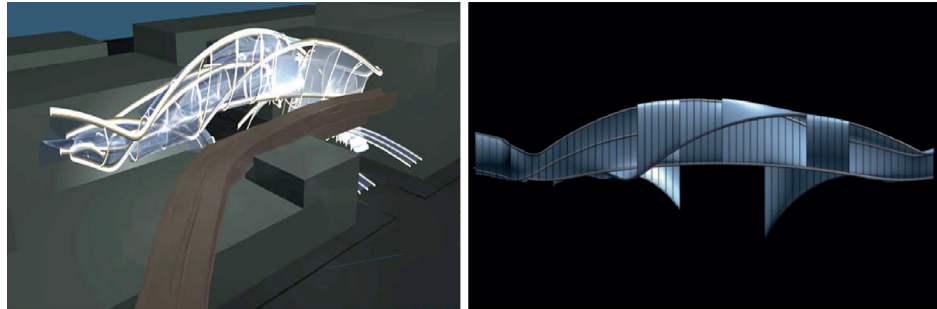


fig. 3.11. As trajectórias dos movimentos que os retratos de fase (fig. 3.10) codificam são vectorizados: os vectores curvilíneos tornam-se as linhas centrais às vigas tubulares cuja forma quase-catenóide se torna inerentemente resistente às cargas. Estas vigas sustentam, por sua vez, uma série de bandas de tecido tensionado que fornecem em si plataforma para a projecção de informação de transporte.

Os estudos animados destas partículas são usados para capturar uma série de retratos de fases – fluxogramas – que mostram ciclos de movimento num determinado período de tempo. Primeiramente, os fluxos são modelados enquanto matéria subtil e vaporosa que emana da fachada oeste do terminal de autocarros. Gradualmente, o peso da matéria simulada é aumentado de modo a que os fluxos de partículas mais pesadas pudessem ser traçados e congelados sobre o local. Esta matéria virtual, traduzida visualmente numa colecção de esferas com pesos gravitacionais, é posteriormente combinada criando a natural configuração dos componentes estruturais do edifício. Por fim, o invólucro é estruturado por onze superfícies translúcidas tensionadas ao longo das armações tubulares em aço e que funcionam como telas de projecção de *media*.

Como resume Zellner ^(1999: 148), em vez de iniciar a concepção do projeto dentro de um vazio idealizado e neutro, Lynn inicia o seu processo arquitectónico pela interpretação de um espaço carregado que instrui a arquitetura a partir do fluxo de intensidades móveis. Elementos espaciais são definidos com efeitos vectoriais antes de serem introduzidos num espaço regulado por gradientes de movimento e outras potenciais forças. Ao rejeitar a tradicional projecção perspéctica como modelo operativo de desenho espacial, a arquitectura animada de Lynn, sistematizada pela dinâmica de fluxos contingentes, aponta para a possibilidade de uma arquitectura não pré-conceitualizada mas antes fundada no desenvolvimento relacional e evolutivo.

“Constructed by and inside of flows, Greg Lynn’s “animate forms” are designed within an unstable realm of variable, fluctuating dynamics and movements, leading away from an architecture of stasis to one of evolution.” ^(Zellner, 1999: 136)

Estes seus esforços projectuais sintetizam de certa forma a génese de outras investigações arquitectónicas que procuravam desenvolver estratégias morfológicas e arquitecturas da emergência à medida que os *hardware* e *software* requisitados se tornam mais acessíveis e compreendidos, tornando os chamados *paperless studios* cada vez menos as excepções de outrora. Contudo, perante a crescente familiaridade do produto, tal doutrina animada de produção arquitectónica levantou indícios de descontentamento acerca da relação contraditória entre o movimento da animação processual e o objecto construído, ou se assim quisermos, entre a abstracção do espaço topológico digital e a realidade espacial do edifício.

“Since we do not live in non-Euclidean space (...) why are you foisting mutant geometries on us that fail to correspond to anything real? Topological architecture is just too abstract. It can’t connect to the body as we experience it. Besides, you can animate architectural design practice as much as you like, but you still end up with a building that isn’t going anywhere. It’s all a sham. Design techniques based on continuity and movement rather than static form betray themselves in the fixity of their final product. If you’re so stuck on continuity, where’s the continuity between your process and its product? It’s all very pretty, but why should we, your public – livers-in and passers-by of your buildings – why should we care?” (Massumi, 2001a: 190)

Seja esta recriação de Massumi da *vox populi* ou a transcrição do questionamento de Kipnis a Lynn que Michael Speaks faz na sua tese acerca dos limites do formalismo da *avantgarde* americana⁸⁵, a linha de raciocínio comum parece constituir uma primeira resolução do problema teórico em estabelecer se as formas que resultam dos processos dinâmicos do espaço topológico são ainda consideradas dinâmicas quando construídas, ou se, pelo contrário como interroga Speaks (2001: 187), as técnicas de desenho topológico, baseadas na sabida continuidade e transformação, são traídas pelo estatismo do seu produto final. Se quisermos, de uma forma mais ampla, em estabelecer qual a verdadeira relação entre a arquitectura desenhada por meio de procedimentos topológicos de deformação (que se apresenta como um produto saldado e extraído do processo animado interrompido por alguma razão (?) – sublinhando porventura o fetiche e a gratuidade formal) e a forma construída que emerge desses mesmos processos generativos.

Apesar da retórica de Lynn retorquir um entendimento formal da arquitectura enquanto estável (*stable*) – por oposição àquele estático (*static*) – capaz de transmitir movimento sem no entanto se mover na realidade, Brian Massumi vai adiante interpondo neste discurso lógicas de percepção e experiência da forma construída como operadoras da virtualidade desse mesmo produto final e, dessa forma estabelecendo relação entre vestígio do processo e forma concreta. De acordo com o autor e através do seu argumento acerca de orientação e sinestesia⁸⁶, a experiência humana é inseparável de dimensões abstractas que poderão ser conceptualizadas senão em termos topológicos. Esta dimensão topológica do processo conformativo (sensorial e

⁸⁵ Speaks (2001: 187) transcreve um excerto da conversa entre Kipnis e Lynn na conferência Anywise de 1995:

Kipnis – Let me hold you accountable to the question, Greg. Because you stay at the level of dynamics animation, we could be fascinated by what we see, but because you do not resolve it as a fixed static object with materials, structure, and construction, at which point we see its real consequences, we’re left fetishising the video rather than really understanding its design consequences. Is this true or not?

Lynn – I want to resist answering that question. In other situations in which I have shown material like this, the response has been ‘Well, are you saying architecture has to move in order for this to be an interesting design approach?’ I would say no.

Kipnis – You say no, but you do not show us what happens when you take the motion away.

⁸⁶ Brian Massumi (2001a: 192) expõe a propriocepção humana como um modelo topológico relacional. Como descreve, os seus elementos constituintes são torções e voltas, cada qual definido de forma imediata e relacionalmente. A sua multiplicidade constituinte funde-se numa unidade de movimento. O excerto perceptivo resultante é uma mônada de movimento que se auto-varia: uma forma dinâmica representada apenas em vectores. Embora eficaz, esta não é precisa nem totalmente visualizável. Antes é operativamente vaga. Não se caracteriza por um espaço de medida pelo que, sendo um espaço vectorial não abrangido pelo métrico, define-se antes pelo espaço qualitativo da variação referenciado apenas ao seu próprio movimento relacional. A obtenção de uma forma estática e mensurável requererá a paragem do movimento, captando assim a relação entre movimento e posição: enquanto posição surge do movimento, a forma estática é extraída do espaço dinâmico como limitação quantitativa deste. O espaço vectorial anexado da experiência fornece os seus resultados auto-variáveis nas condições limitativas do espaço Euclidiano quantitativo, povoado placidamente por formas geométricas tradicionais traduzidas em configurações.

O autor, na sequência da descrição, acaba por questionar se este processo experiencial não soa efetivamente familiar àquela figura topológica da animação de Lynn; se a metodologia de desenho topológico repete digitalmente aquilo que o corpo produz não-computacionalmente aquando da sua natural experiência espacial: “*Are we not, though immobile, repeating our body’s ability to extract from movement? When we stare, barely seeing, into the screen, haven’t we entered a ‘lost’ body-dimension of abstract orientation not so terribly different from the one we go to when we roll up our eyes and find ourselves in the fold?*”

cognitivo) inerente à experiência espacial abrange uma virtualidade⁸⁷ que excede a forma actualizada – contínua variação e metamorfose da forma percebida, o dito *becoming* ou *evento* – e que poderá traçar rastros processuais formativos enquanto efeitos de percepção naturais ao fluxo da experiência humana. Tais efeitos são reais não fazendo contudo parte da definição formal da figura construída: são antes extra-formais, produtos da condição inter-relacional entre sujeito e objecto (Massumi, 2001b: 202-204).

Poder-se-á certamente a este assunto traçar paralelo com o devir topológico dos espaços perceptivos contra-perspécticos como atrás retratado através do Capitólio de Michelangelo. Mas se este processo da experiência humana das formas poderá, à luz de Massumi, ser capaz de restituir o dinamismo que de outra maneira se perde com a interrupção do processo conformativo, por outro lado – mais significativa – a equação do espaço da experiência enquanto dimensão articulada e dinâmica entre espaço quantitativo e qualitativo e por conseguinte, um híper-espaço topológico da transformação, perfila uma categórica resolução teórica acerca do potencial topológico em arquitectura que extravasa aquele da técnica e se encaminha para um outro conceptual e operativo mais amplo.

Este híper-espaço referido por Massumi não é entendido pela substância matemática da híper-dimensionalidade, mas sim usado, como reporta DiCristina (2001: 10), num sentido inter-relacional para indicar um excedente experiencial ligado aos efeitos dinâmicos das configurações espaciais. Para Massumi (2001a: 190), apesar das técnicas de desenho assistido por computador das arquitecturas topológicas se centrarem no balanceamento compositivo, o seu método de desenho aborda inadequadamente a questão citada da efectivação do produto precisamente porque não são abstractas o suficiente para traçarem correspondência apropriada aos recursos abstractos da experiência concreta, pelo que questiona as relações abstractas interdependentes que os novos media digitais convocam em arquitectura.

“What if it [architecture] could find ways of imbedding in the materiality of buildings open invitations for the portentous events of individuating déjà vu? Might this be a way of continuing its topological process in its product? (...) Ways would have to be experimented with for architecturally soliciting an ongoing eliciting of emergent forms/functions at the collective hinge of perception, hallucination and cognition. Techniques would have to be found for overfilling experience. The methods would have to operate in a rigorously anexact way, respecting the positivity of the virtual’s vagueness and the openness of its individual endings. (...) Practices of architecture allied with experimental art (...) Technologies could be favoured that can be twisted away from addressing pre-existing forms and functions towards operating directly as technologies of emergent experience. Imagine if these were to become infrastructural to architectural engineering. What better place to start than with the much-touted ‘new media’, approached not only as design tools but as architectural elements as basic as walls and windows? Could architecture build on the ability of digital technologies to connect and interfuse different spheres of activity on the same operational plane, to new effect?” (Massumi, 2001a: 196)

Esta moldura da concepção existencial da transformação é parte integrante da teoria da *híper-superfície* formalizada por Stephen Perrella que, mais uma vez não se fixando no significado matemático da superfície na híper-dimensionalidade espacial, usa para traduzir na prática arquitectónica a significação cultural/existencial da hibridização complexa de dualidades clássicas do pensamento. O autor, diagnosticando a existência de forças auto-geradoras e auto-

⁸⁷ Como referido no II capítulo, para Massumi (2001b: 198), a virtualidade no contexto arquitectónico refere-se ao potencial excedente de uma actualidade e que se manifesta na transição de uma forma para outra. Noutros termos, a forma construída é uma virtualidade que se tornou atual.

emergentes profundamente insinuadas na historicidade cultural que foram sendo desencadeadas pelas maquinações digitais da praxe contemporânea, elabora uma teoria da hiper-superfície que reconsidera as relações dicotómicas culturalmente instituídas (interior/exterior, forma/imagem, estrutura/ornamento, sujeito/objecto, por exemplo) não por entidades separadas, opostas e estáticas, sublinhando-as antes por condições estruturadas transversalmente ou, como refere, por planos de imanência. Isto é, por entidades agrupadas uma na outra apresentando uma clara indistinção entre os termos binários. (Perrella, 1998: 7-8)

O termo *hypersurface* indica portanto a condição na qual as duas polaridades, subjectividade e objectividade, se tornam dinâmicas e misturadas. É um tropo que actua como definição infraestrutural de um novo espaço intermédio que dilui a tradicionalmente concebida dualidade corpo/objecto. *Híper* sugere uma fenomenologia existencial do sujeito-beneficiário reconfigurada pela cultura digital e *superfície* define a nova condição topológica do objecto-em-relação.

Conforme coloca Di Cristina (2001: 11), a topologia, na medida em que representa a contínua passagem de um elemento para outro sem qualquer limite claro entre eles, é basilar à noção de hiper-superfície de Perrella enquanto terreno intersticial resultante de oposições binárias que fluem transversalmente num entrelaçado de associações. O colapso dos dualismos tradicionais poderão de resto ser aportados à filosofia fenomenológica de Heidegger ou ao pensamento Deleuziano que subscreve a teoria monadológica da unidade prévia a qualquer divisão. Particularmente, a transformação topológica inerente à dobra, por exemplo, torna possível a articulação da superfície de tal modo que distinções espaciais entre interior e exterior são diluídas, criando um campo de indecisão espacial. Paralelo à proposta do “oblíquo” de Claude Parent onde o volume arquitectónico é desconstruído em planos inclinados que se intersectam para abolir a noção de invólucro associado à massa, o estudo da *Mobius House* de Stephen Perrella e Rebecca Carpenter que faz uso de diagramas-membrana gerados através de sequências animadas de torções e dobras, representa a procura por uma condição habitacional pós-Cartesiana que, como referem os autores (Perrella e Carpenter, 2001: 159), se reflete na ambiguidade entre espaço interior e forma exterior.

“Current house formats are no longer tenable because space and time are reconfigured by a lived informational geometry. Dwelling has become problematic solely in terms of Euclidean space as a result of media infiltrations – a force that implodes distance and then perplicates subjectivity as it enfolds viewer perception into an endless barrage of electronic images. This occurs in combination with, and yet is dissimilar to, the dynamics of teletechnology and computer-to-Internet connectivity. (...) Teletechnology contributes to a burrowing effect, altering the home as an exclusively interior condition. (...) The Mobius House study diagram for post-Cartesian dwelling is thus neither an interior place nor an exterior form. It is a transversal membrane that reconfigures binary notions of interior/exterior into a continuous, interwrapping median – it is a hypersurface.” (Perrella e Carpenter, 2001: 159)

Citando Toyo Ito⁸⁸ que anui para uma nova validação da fluidez, consistente com o aparecimento de várias novas formas de *media*, Perrella (1998: 10) discute esta nova configuração

⁸⁸ Toyo Ito refere que à medida que o espaço urbano e arquitectónico é contagiado e controlado pelos *media*, este torna-se cada vez mais fluido e cinemático. E se por um lado os nossos corpos (materiais) são um mecanismo primitivo, por outro lado surge uma outra espécie de corpo que consiste na circulação de informação electrónica – o corpo conectado ao resto do mundo através das várias formas de *media*. Pelo que, o autor urge pelo questionamento de como combinar arquitectonicamente estes dois corpos diferentes e encontrar um espaço apropriado para o respectivo

contemporânea como *locus* de emergência de potenciais novas intensidades culturais e de intersubjectividade: a arquitectura da híper-superfície poderá desta forma ser explorada enquanto contexto ou ecologia das acções incomensuráveis da actividade humana (variável) numa topologia material, cuja condição se estrutura pelo fluxo. Segundo o autor (Perrella, 1998: 11), a junção da maleabilidade formal e programática influenciada pela estruturação topológica da forma arquitectónica (que encerra um estado preparatório contínuo de recepção e interconexão de fluxos informativos) à implantação de tele-tecnologias na praxe arquitectónica que leva a uma usurpação do real (material), cultiva novas manifestações fluidas, contínuas e responsivas da morfogénese arquitectónica. Outrora categoricamente separados, os impulsos afectos ao pixel e à morfologia arquitectónica criam sobreposições dimensionais que emergem como resultado directo de desterritorializações e marcam o início de relações arquitectónicas mais complexas que aportam à oportunidade em explorar manifestações mais intensas daquilo a que o autor chama de *Otherness* espacial.

Nestes termos, a *hypersurface* poderá ser significativa na maneira pela qual os pressupostos tradicionais herméticos são redireccionados ou, se quisermos, auto-configurados, mas, mais relevante, ela deverá ser entendida pela sua operatividade conceptual na activação de potencial latente de entre abstractos, membranas ou superfícies enquanto elementos relacionais entre corpo e objecto. Como regista de resto Di Cristina (2001: 11), este deslocamento e reinterpretção do termo matemático híper-superfície são motivados pela tentativa de entrepor sensibilidade existencial à abstracção matemática: se as híper-superfícies são eventos ligados à experiência fenomenológica do espaço-tempo conforme rotula Perrella, a arquitectura da híper-superfície está, por conseguinte, ligada ao interesse pelas formas de experiencição.

Como atesta de resto Perrella (1998, 11), o espaço topológico concebido como espaço de relação possibilita ultrapassar certas dicotomias interdependentes tais como espaço/massa e sujeito/objecto: o espaço enquanto conceito relacional deverá ser considerado não como um éter imaterial, um vácuo a ser preenchido por objectos ou contido dentro de massas, mas antes como um campo material gerado pelas relações recíprocas de objectos e sujeitos. Em consonância, a ponte entre a abstracção ideal matemática e o mundo vivido, ao qual a arquitectura pertence, poderá ser procurada de entre a própria disciplina topológica, se a topologia for considerada neste seu sentido mais amplo em vez daquele parcial da transformação contínua da forma à qual a teoria arquitectónica da *avantgarde* Lynniana está particularmente associada. Estas considerações, assim como outras tratadas de seguida, mostram que para além da tendência topológica em produzir morfologias da forma contínua, subsiste uma outra em arquitectura que poderá ser encontrada e teorizada no domínio arquitectónico e entendida enquanto espaço transversal de relação, morfológica e experiencial.

Estas extrapolações teóricas assentes na materialidade técnica e espacial do conceito topológico esclarecem aquele estrato que, mais uma vez, remonta à essência do *fold* na sua capacidade de sistematizar a actualização do virtual, que é a liquidificação do binómio real-virtual em arquitectura. Como sugere Zellner (1999: 14), em vez de criar uma arquitetura que é essencialmente a organização de forma estática e inerte, autores como Lars Spuybroek e

terceiro corpo emergente como combinação dos outros dois. Para Perrella (1998: 10), este terceiro corpo resume bem aquilo que refere por *hypersurface*.

Marcos Novak, elencados no seu compêndio de formas emergentes de arquitectura digital e espaço híbrido, vêem o desenho espacial como uma arte altamente plástica e flexível, na qual a morfologia arquitectónica evolui contextualmente com base na análise (virtual) do movimento e da transformação de ambientes. Através de sequências e simulações temporais complexas, a definição formal não se presta unicamente aos parâmetros de escala, volume e dimensionamento: forças e inclinações multivalentes, incertas e externas ou invisíveis podem agora também afectar e influir a matéria espacial.

Marcos Novak ^(1998: 89), refere neste sentido que estes modelos generativos e procedimentos evolutivos de actualização de forma acabam por liquidificar a condição da arquitectura.

“... [the values of and within the iterative evolutionary design process] derived from the particulars of the real world, from data and processes of the virtual world, or from numerous techniques of capturing the real and casting it into the virtual, motion-capture, for instance. Since time is a feature of the model, if the model is fed time-based data, the form becomes animate, the architecture, liquid.” ^(Novak, 1998: 89)

Contudo, as suas considerações acerca de uma “arquitectura líquida” não radicam apenas numa concepção morfológica como aquela que Lynn sistematizou em *Animate Form*. O autor vai mais longe na sua argumentação acerca do impacto das novas tecnologias digitais na equação do espaço, traçando a heurística dessas mesmas tecnologias que potenciam a interdisciplinaridade de meios e saberes na produção arquitectónica de espaço.

Marcos Novak ^(1999: 73), à data, expunha as poucas dúvidas que existiam na definição de uma cultura que tende para a virtualidade ubíqua. Como consequência, à medida que a modernidade converge neste pico tecnológico e de mudanças tecno-culturais, ela transita para uma nova etapa que o autor define por *transmodernidades*, enfatizando o plural pelas inerentes multiplicidade e diversidade que a proliferação de possibilidades oferece e requer. Para o autor, a experiência destas alterações no processo actual-virtual passava, então, pela unilateralidade da imersão nos interfaces das tecnologias digitais. Embora tão cativante e profícuo o conceito da imersão em virtualidade possa ter-se provado, mais importante, sugere Novak, a imersão não pode ser considerada um aparelho conceptual completo: ele demanda por um outro, complementar, que descreva, por sua vez, o espargimento da virtualidade no espaço ordinário. A *eversão*⁸⁹ é, para ele, um conceito suficientemente bom para significar esse lançamento para fora da virtualidade; se quisermos, da actualização do virtual no espaço físico da experiência quotidiana. Se, por um lado, a imersão mantém o ciberespaço além da nossa experiência corpórea convencional, a *eversão* prevê, conforme descreve Novak ^(1999, 73), que os fenómenos do ciberespaço, com os quais estamos familiarizados, encontrem suas formas equivalentes, “evertidas”, no espaço ordinário.

A noção de *eversão* complexifica, portanto, o já alterado entendimento da nossa relação com o espaço. A natureza do verbete “espaço”, que ficou entendido algures no século XX como acrónimo de espaço-tempo, hoje majorado pelo ciberespaço carregado de inteligência, apresenta-se alterado para aquilo que o autor define por *newspace*, como soma interativa de espaço local, remoto e virtual.

⁸⁹ Eversão, enquanto o anverso de imersão, significa literalmente virar de dentro para fora, e difere da mais comum inversão.

“As change accelerates, the technological becomes cultural and the immersive becomes everted.(...) Since eversion is about puncturing the barrier of computer screens as we know them and letting virtuality pour out and saturate newspace, there is no longer a need to remain confined to dark interiors. Eversion brings virtuality to sunlight.” (Novak, 1999: 73-76)

O seu ensaio *Soft Babylon* (1998), baptizado em honra de Constant, pontua uma noção de neo-Situacionismo ciberespacial como fundamentação legível do potencial arquitectónico do novo espaço electrónico. Segundo o autor, as múltiplas paisagens artificiais que emolduram uma estrutura espacial sobre a cidade, primeiramente concebidas pela *New Babylon* de Constant, são agora novamente equacionadas através dos novos espaços info-digitais (Novak, 1998: 23).

Novak via a *New Babylon* como uma utopia criada para estender o conceito do possível espacial em arquitectura, argumentando as proposições de Constant como uma analogia às tecnologias e ambientes espaciais contemporâneos.

“The megastructural framework that was to cover the entire planet has been replaced with the infra-structure of the global internet, the celular telephony grid, and the constellations of low-earth orbit satellites that bring the whole earth within wireless electronic reach. Multiple layers of artificial landscape are inherent in virtual spaces, where three-dimensional motion is a given and landscape is synthetic by definition.” (Novak, 1998: 21)

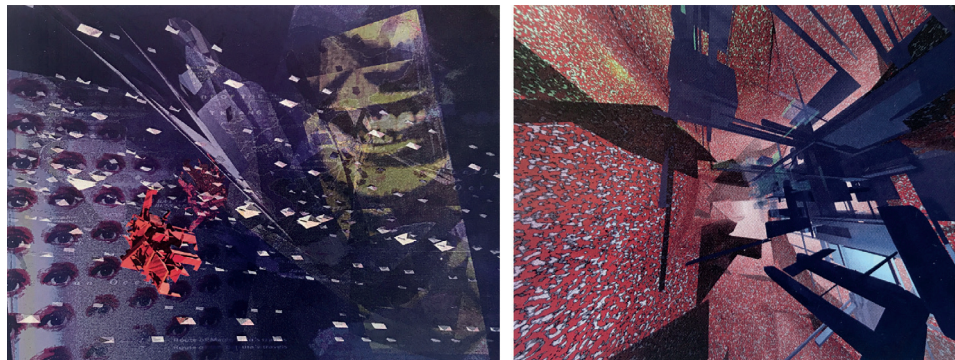


fig. 3.12. Marcos Novak, *Soft Babylon* (1998), Arquitecturas líquidas e formas de informação fluuando no ciber-espaco.

Se porventura a noção de líquido – sustentada pela animação – operou uma oposição à estabilidade e permanência através da compossível variabilidade ubíqua, e por tal, a propor, como visto, morfologias líquidas; é pois pela lógica descrita que a noção de *trans* (para além de) de Novak nos leva a considerar o potencial da concentração dos aspectos previamente não relacionados de solidez/liquidez e ausência/permanência, propondo, por essa via, aquilo que define por *transarchitectures*. Estas são arquitecturas de presença parcial, variável e contingente, não apenas no ciberespaco mas no espaco actual da experiência física. Pretendem pois por isso, como resume Spiller (2006: 216), definir um *novo continuum* topológico no domínio arquitectónico, que inclui um híbrido espacial local, remoto e virtual inteligente, e cujas técnicas de projectação envolvem a concepção da arquitectura de forma algorítmica, modelando-a directamente e via prototipagem rápida, construindo-a de modo robótico e informaticamente sensível, habitando-a de maneira interativa, e conectando-a expeditamente ao espaco virtual onde se aplica uma estrutura conceptual e poética diferente.

As preocupações do autor concernem, desse modo, o impacto do digital na natureza relacional do espaco e não na configuração da forma *per se*. Em *Invisible Architectures* (2000), Novak

materializa a sua noção de *eversão* espacial, através da produção de uma série de objectos reais compostos por campos invisíveis criados à sua volta, de modo a que, quando o observador interagisse com o objecto, distorções espaciais, sónicas, actuais e virtuais se estabelecessem, articulando a relação entre os objectos e as suas várias sínteses. Mais tarde, na sua exposição *Turbulent Topologies* (2008), Novak revisita este “novo-espço” que utiliza o invisível como ponte e interface entre o virtual e o actual, propondo que as históricas divisões entre modalidades de expressão são obsoletas e ultrapassadas pelo desenvolvimento de um “*continuum transmodal*” no qual modalidades anteriores, presentes e emergentes se fundem num meio expressivo contínuo que abrange som, imagem, forma e espaço, computação, ciência e tecnologia na escultura espacial. Na peça *Invisible Sculpture/Invisible Architecture*, Novak propõe um continuum entre espaço, forma e habitação transactivo, ao estruturar uma leitura de formas invisíveis através da interacção “táctil” com diversos signos – campos de intensidades, sons, cores, formas e comportamentos. Oito câmaras de captura de movimento permitem que um cubo de quatro metros actue como um quadro tridimensional sinestésico para a descoberta de uma arquitetura/escultura invisível. A entrada no cubo com um sensor activa um campo de som, ao mesmo tempo que os movimentos do dispositivo de rastreamento controlam as formas, sons, cores, comportamentos e outros parâmetros da peça. Quando a forma invisível é “tocada”, um som de alarme dispara e a projecção da configuração muda de tonalidade.

“Consider this: you reach into a sensor space. As your fingers cross into a selected region, sounds are triggered. Curious, you try to trace the extent of the region that causes the sounds. Soon you discover that it is a tall, elongated, shape, tapering at both ends. (...) What I am proposing is that a new form of sculpture has been born (...) since there is nothing to see, voyeuristic visuality is replaced with Duchampian non-retinality. (...) Now let’s take a further step. We know that not only can we represent a model via computer graphics, we can also animate it. The invisible portrait can be animated passively, as a precomputed animation, or actively as an interactive real-time simulation. By animating sensels rather than pixels, we can create dynamic and coherent regions of space that can sense the world and our presence in it and that can take any definite form we wish to give them. Again, the now animated sculpture is not visible. It is something we can only sense through a form of synaesthetised touch.” (Novak, 1999: 74-75)



fig. 3.13. Marcos Novak, *Invisible Architectures*, 2000 (à esquerda e centro); À direita, *Invisible Sculpture/Invisible Architecture*, na sua Exposição ‘Turbulent Topologies’, 2008.

Esta interpretação relacional do espaço é também ela explorada por Lars Spuybroek e Kas Oosterhuis nas respectivas secções que compõem o *H₂O Pavillion* (1998). A síntese de materialidade e imaterialidade encontra a sua relação fenomenológica e alegórica perfeita, como trata Spiller (2006: 54), na natureza da água. Além da geometria complexa do pavilhão que

pretende incitar à deslocação sobre pisos irregulares e inclinados, o projecto que trata a água doce – *Freshwater Pavillion*, de Spuybroek – confronta directamente os visitantes com água real em todas as formas de agregação, em paralelo com numerosas simulações computacionais interactivas de ondas, luz e sons sob a forma de projecções que complementam a animação.

Através de uma completa fusão entre corpo, ambiente e tecnologia, conseguida pela disposição projectual turbulenta entre a propriocepção corpórea, o mole e o sólido, o concreto e o virtual, a água e o electrónico, como advoga Zellner (1999: 122), o pavilhão torna impossível determinar onde a construção no sentido tradicional termina e outros aspectos que influenciam a experiência do espaço começam. Por seu turno, o organismo do *Saltwater Pavillion*, de Oosterhuis, não só reage de várias maneiras ao algoritmo programado, como também ao público e ao meio ambiente: uma estação meteorológica regista constantemente a velocidade do vento e o nível da água em torno do pavilhão e transmite os dados ao computador central para calcular e emular através de luz e som o ecossistema que rodeia o edifício.

Esta constituição do pavilhão como um conjunto de imagens e condições induzidas pela água, funcionando em simultâneo como ensaio alegórico sobre as possibilidades de uma nova arquitetura híbrida feita a partir da simbiose de componentes reais e virtuais, implica que o desenho global da instalação interactiva equacione e se baseie na agregação meta-estável da arquitetura e informação.

“Why still speak of the real and virtual, the material and the immaterial? Here, these categories are not in opposition or in some metaphysical disagreement, but more in an electroliquid aggregation, enforcing each other, as in a two-part adhesive; constantly exposing its metastability to induce animation.” (Spuybroek, 1998: 51)

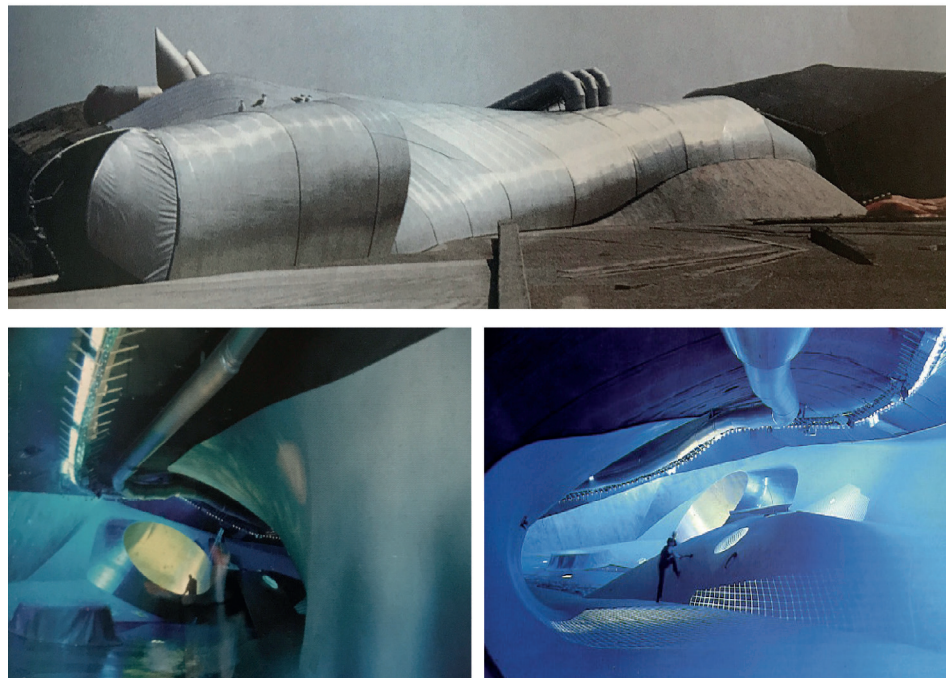


fig. 3.14. Vistas exterior e interiores do FreshWater Pavillion, de Lars Spuybroek. A forma do edifício é moldada pela deformação de catorze elipses espaçadas ao longo de 65 metros. Sem pavimentos horizontais e relação com o exterior, a deformação externa do objeto é refletida no ambiente interior, que regista os movimentos do visitante através de dezessete sensores que respondem de forma interactiva. Além de despoletarem eventos hídricos, recriam ondulações com base em projecções e manipulações sonoras em tempo real.

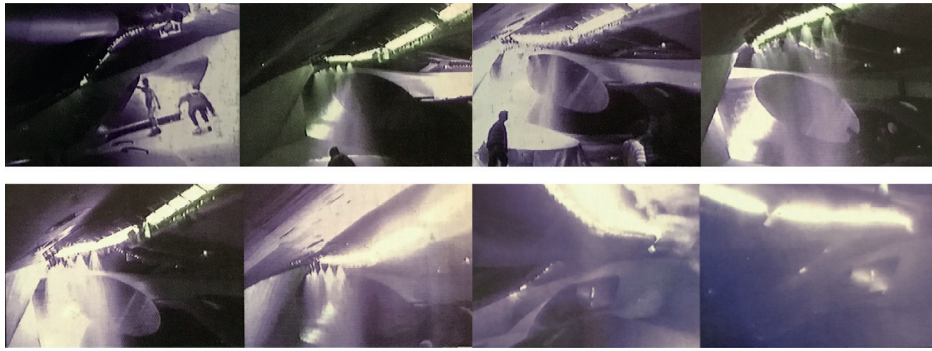


fig. 3.15. Conjunto de *frames* de vídeos que reportam a lógica imersiva e as atmosferas criadas no interior do pavilhão de Spuybroek.

Através da coordenação electrónica de efeitos, o *H₂O Pavillion* é, para Lootsma (1998: 46), não apenas uma máquina de processamento e condicionamento, mas sobretudo instiga uma relação complexa, dinâmica e recíproca entre homem e tecnologia, entre construção e atmosfera. Bart Lootsma (1998: 35-47) traça correspondência entre este projecto e o *Philips Pavilion* de Corbusier, Varése e Xenakis, para a Exposição Universal de Bruxelas em 1958, como dois dos exemplos mais interessantes da criação de ambientes inclusivos de interacção entre público e interface edificado para a criação de novas atmosferas e relações arquitectónicas. Traça ainda o paralelismo entre os dois projectos como hábeis construções de superfícies dobradas, sugerindo que a derradeira arquitectura não é tanto um interior mas antes a dobra em espaço infinito. Como trata Lootsma, Lars Spuybroek, em convergência, refuta ao seu projecto a denominação de edifício, preferindo a designação de praça (des)dobrada, enrolada para fora.

Esta topologia estruturada pela relação dual entre lógicas imersivas e de eversão espacial remete-nos, por sua vez, para considerações acerca da performance da arquitectura e do paradigma do responsivo, relevando o papel que a dobra deleuziana e a dimensão topológica instrui no âmbito dos processos quer conceptuais e produtivos como aqueles relacionais em arquitectura.

Modelos conceptuais e operativos capazes de abordar e coreografar o binómio do real-actual e do virtual-potencial apresentaram-se através de estratégias de contaminação da arquitectura com outras técnicas e disciplinas de modo a produzir um novo e mais robusto híbrido arquitectónico. Tanto as investigações de Perella sobre a topologia de agências infográficas e relacionais humanamente mediadas – *Hypersurface* – ou as notações de Novak acerca da eversão do ciberespaço – *Transarchitectures* – delineiam novas formulações experimentais que ocupam os territórios limítrofes do real e do virtual, através dos quais se gera uma arquitectura do *evento*, que atende a especificidades locais, ao imperativo da evolução emergente, aos processos robóticos da sua manufactura e à tectónica do virtual (Spiller, 2006: 216).

Mark Goulthorpe (1999: 63) caracteriza tais explorações pela mudança de um modo operativo “auto-plástico” (definido por estratégias auto-determinadas) para um outro “alo-plástico” (determinado pela modificação recíproca do meio). O projecto *Aegis Hyposurface* (2001), de Mark Goulthorpe/DECOi, especula precisamente esta condição alo-plástica do desenho, apresentando-se como veículo de estudo pioneiro dentro do domínio operacional das estruturas cinéticas responsivas. Concebido como resposta ao requisito de uma instalação de arte interactiva por parte do Birmingham Hippodrome Theater, propõe uma superfície dinâmica

permeável a deformações físicas através de estímulos electrónicos e ambientais. Conforme explica o seu autor ^(1999: 64), o projecto, simples na sua concepção, é traduzido numa superfície simples – metálica e facetada – mas potencialmente vasta: ela acarreta uma carga latente que mediante a sua estimulação dissolve-se em movimento físico fluido ou padronizado. A superfície incorpora pois o acto de tradução, uma espécie de dispositivo de transferência sinestésico, uma superfície-efeito.

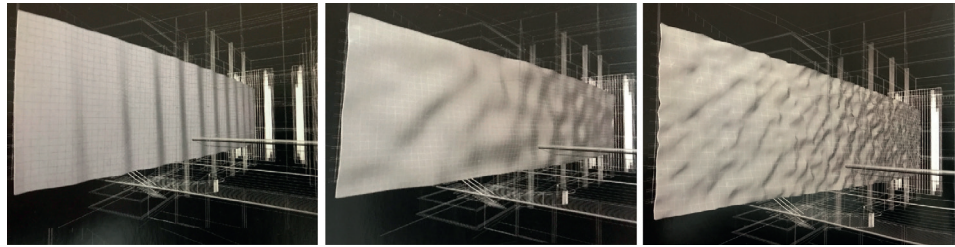


fig. 3.16. Imagens virtuais da fase inicial de concepção da hiper-superfície de DECOi, que ilustram a sua indeterminação entre estados líquidos ou cristalizados.

Enquanto evento em tempo real, a sua resolução emerge de descrições matemáticas base ou parâmetros que a instruem, e que por consequência, informam a possibilidade de produção de uma série infinita de permutações. A superfície, conforme o autor a encara, passa, em última instância, a não ser o objecto de desenho. Antes, é gerada – “gener(a)cted” ^(Goulthorpe, 1999: 64) – por uma amostragem aleatória, pelo desdobramento electrónico de um input sensorial do qual o arquitecto passa a ser o editor⁹⁰. Ela sopesa entre estados físicos, na sua oscilação entre sólido e fluido, isto é, no ponto de indeterminação líquido-cristal. Porém, como salienta o autor ^(Goulthorpe, 1999: 64), não é a imagética que deriva da indeterminação que o projecto postula de mais vinculativo, mas antes o colapso da determinação física em favor do processo e processamento: o projecto não gera objecto nem imagem, mas sim *efeito*.

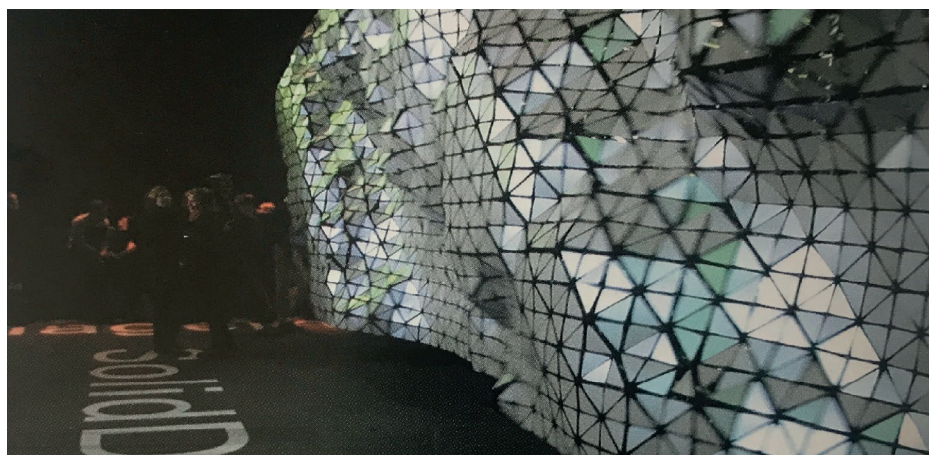


fig. 3.17. DECOi, *Aegis HypoSurface*, 2001. Constitui uma superfície metálica facetada e responsiva, de escala arquitectónica, programada parametricamente para responder a estímulos electrónicos ou ambientais. Enquanto superfície de potencial, a estrutura instrumentaliza os estímulos que lhe são adjacentes e, através dos seus mecanismos cinéticos, dissolve-os em movimento físico fluido e/ou padronizado.

⁹⁰ O processo de desenho e desenvolvimento, que implicou diferentes campos profissionais – desde programadores, matemáticos, modeladores paramétricos, engenharias estruturais e de sistemas, sistemas pneumáticos, etc. – sublinha no entanto, diz Goulthorpe, a extensão dos sistemas de codificação e a sua total saturação ao campo cultural: “*writing now becomes primary.*” ^(Goulthorpe, 1999: 64)

A premissa básica deste projecto, que capta as mudanças técnicas afectas à experiência cultural e à noção do híper-corpo e as relaciona com a performance arquitectónica através do desenvolvimento de mecanismos efectivos de transformação, tem paralelo noutras investigações arquitectónicas acerca do potencial orgânico que vigora no limiar da era dos materiais programáveis. A estrutura efémera de ONL, *The NSA Muscle* (2002), projectada para a exposição “Non-Standard Architectures” no Centro Pompidou em 2003-2004, e que consiste num edifício programado que altera a sua forma e conteúdo em tempo real, exemplifica esta relação entre o processo conceptual e de projectação contemporâneo e as novas engenharias de programação material⁹¹. Conforme explicado por Oosterhuis (2003: 46), o edifício programável *NSA Muscle* consiste num volume pressurizado envolvido numa malha de músculos tensionados cuja largura, altura e comprimento é alterada com base na variação dos níveis de bombeamento de pressão ao músculo. A combinação simultânea do binómio pressão e tensão desdobra o objecto em todas as direcções, agilizando a complexa estrutura programável a um determinado contexto em tempo real.



fig. 3.18. Kas Oosterhuis, *NSA Muscle*, 2002. Maquete virtual (à esquerda) e objecto na exposição ‘Non-Standard Architecture’ no Centre Pompidou, Paris (à direita).

Esta abordagem performativa da arquitectura, que procura o contextualismo morfo-físico das suas estruturas, encontra, por outra via, no desígnio morfogenético das técnicas generativas digitais e na anatomia processual da matéria natural, capital para a exploração de estruturas performativas. De facto, se por um lado a abordagem supra descrita está relacionada com o hemisfério relacional entre o espaço físico e aquele sintético ciber-plástico (com respectivas ingerências entre ambos), por outro novas experimentações que atendem a esse sentido contextual estruturam-se com base na morfogénese e lógicas de emergência da forma associada a novos princípios da materialidade.

Tais estratégias da emergência da forma, ou se quisermos, do processo de *form-finding*, como atrás já alinhavado, consistem na metodologia de desenho que pretende implementar e instrumentalizar a auto-organização de sistemas materiais sob a influência de forças extrínsecas. Mas como salienta Hensel (2004: 27), em engenharia e desenho arquitectónico, nomeadamente as incursões de Frei Otto e Heinz Isler⁹² a este nível, o processo de *form-finding*

⁹¹ O projecto tem por base a investigação e desenvolvimento por parte da empresa *Festo* de músculos sintéticos programáveis e que inicialmente os aplicou numa estrutura inflável, programável, e responsiva à alteração de cargas de vento em tempo real.

⁹² Veja-se:

é utilizado comumente para desenvolver a forma estrutural em resposta à gravidade: as suas duas tarefas primárias resumem o formulário da geração de forma e o estudo da construção em escala plena da forma adquirida. Esta tarefa conjunta releva, diz o autor, uma solução de construção finita. Em contraste, o ensaio de Hensel acerca da evolução do processo de *form-finding* advoga que o desenho finito que resulta dos processos acima referidos entram em contradição com o entendimento dos sistemas físicos e materiais sabidos inerentemente dinâmicos. Esta sua compreensão encaminha uma alteração radical de foco, segundo o autor, do objectivo do projecto arquitectónico de uma produção objectual estática e discreta para uma que incide na geração de arranjos materiais móveis que respondam ao seu ecossistema, traduzindo a necessidade de técnicas alternativas da busca da forma que incorporem dinamismo e estendam a equação construtiva básica de tal processo à adaptabilidade formal *in situ* (Hensel, 2004: 27).

A aproximação à problemática de um modelo de projecto consonante deverá, pois, envolver os processos de *feedback* generativos que concernem a relação dinâmica entre forças contextuais específicas, que actuam sobre a forma material, por sua vez influenciadas pela materialidade através de níveis de resistência à mudança. Este aspecto relaciona-se com as actuais pesquisas acerca da biologia evolutiva e teorias da emergência, nas quais os directores do *Emergence and Design Group*, Hensel, Menges e Weinstock, se apoiam.

Como referem, emergência, ou optimização evolutiva, aparece pois como um conceito recente aplicado largamente – desde à inteligência artificial, teoria da informação, estudos climáticos, ciência material e engenharia biométrica – e que no contexto arquitectónico envolve sobretudo a tradução dos processos evolutivos biológicos tanto na esquematização do objecto arquitectónico como na composição estrutural alicerçada pelo desenvolvimento de novos materiais. Esta aplicação tectónica da emergência aspira a um novo nível de complexidade, à medida que mimetiza a perfeição da inquietude que a morfogénese dos sistemas naturais detêm.

Como expõe Menges (2006: 79), a morfogénese natural, isto é, o processo de crescimento e desenvolvimento evolutivo, gera sistemas polimórficos que obtêm a sua organização e forma complexas a partir da interação das intrínsecas capacidades materiais do sistema e a influência de forças ambientais externas. As estruturas complexas resultantes, em contínua mutação, constituem arranjos hierárquicos de componentes materiais relativamente simples organizados através de sucessivas séries de subconjuntos propagados e diferenciados a partir dos quais a capacitação performativa do sistema emerge. Segundo o mesmo autor, um ponto-base do desenho dos elementos naturais consiste na inerência relacional dos seus processos de formação e materialização. Em contraste com estes processos de desenvolvimento integral de forma material, a arquitetura como prática material baseia-se historicamente em abordagens projectuais caracterizadas por uma relação hierárquica que prioriza a geração da forma em detrimento da sua subsequente materialização. Neri Oxman, em *Templating Design for Biology and Biology for Design*, sublinha a relação complexa entre desenho e biologia que poderá ser entendida por duas aproximações únicas ainda que complementares. Se o mundo biológico expressa forma e função de um modo simultaneamente particular e global através da auto-

CHILTON, J. – Heinz Isler's Infinite Spectrum Form-Finding in Design. In OXMAN, R. e OXMAN, R. (ed.) – *AD: The New Structuralism: Design, Engineering and Architectural Technologies*, Profile nº 206. London: John Wiley & Sons, 2010. pp. 64-71.

organização, diferenciação celular, evolução e crescimento, remodelação e regeneração, a prática do projecto arquitectónico opera globalmente de cima para baixo, através da tríade processual forma – estrutura – material, estabelecendo constrangimentos prévios que informam a geração de forma e construção (Neri Oxman, 2015: 100).

Uma aproximação morfogenética alternativa ao projecto arquitectónico, baseada nos conceitos de biologia do desenvolvimento e nas engenharias biomiméticas, envolve o desdobramento da complexidade morfológica e da capacidade performativa dos materiais constituintes sem diferenciar os processos de formação e materialização. Tal abordagem morfogenética comporta a compreensão dos sistemas materiais não como derivados construtivos da esquematização projectual pré-estabelecida, mas sim como factores generativos no processo de desenho.

A noção processual das geometrias adaptativas adquire particular papel nos desígnios da morfogénese, uma vez pensar-se a geometria da forma, seja biológica ou computacional, não só como a descrição da morfologia plenamente desenvolvida como também enquanto o conjunto de restrições de limite que atuam como um princípio de organização local para a auto-organização durante a morfogénese.

Neste sistema de integração dinâmico, além de importante para a manutenção da forma num determinado ambiente, o *feedback*, sugere Weinstock (2004: 15), torna-se preponderante na modelação da relação entre padrão geométrico e forma durante o processo de geração morfológica. Isto é, de entre a complexidade sistémica, forma e, em particular, comportamento emergem do processo global de inter-relacionamento geométrico dinâmico, inclusivo e auto-organizativo entre padrão e forma⁹³.

Deste modo, assim como as formas naturais mantêm a sua continuidade e integridade através da mudança de comportamento que conduzem a iterações morfológicas ao longo da sua vida útil, a consideração destes mesmos processos e seu impacto sistémico na produção arquitectónica torna necessário o estabelecimento no campo projectual de uma taxonomia do *force-formation process*, como o trata Hensel (2004: 29). Ademais, sustém o autor, a moldura conceptual e metodológica subjacente exige um conjunto de ferramentas que desencadeie processos formativos e analise formas emergentes enquanto estados-de-transição conjunturais às suas capacidades performativas específicas. Este corpo de ferramentas paramétricas, que serve tal lógica analítica e generativa das dinâmicas complexas de inter-relação auto-organizativa da forma material face ao seu ecossistema, solicita uma configuração de parâmetros de controlo múltiplo⁹⁴.

Esta discussão da inerente flexibilidade dos processos evolucionários das estruturas naturais, que ministram modelos de geometria, padrão e comportamento da forma traduzem-se

⁹³ Como refere o autor (Weinstock, 2004: 15), nos modelos naturais de padrão-forma, o *feedback* organiza-se em dois ciclos: da forma ao padrão e do padrão à forma. A formação desestruturada de padrões bioquímicos causa ‘movimentos’ morfogenéticos e uma conseqüente transformação de geometria. A mudança de geometria perturba o padrão emergindo um novo, que por sua vez inicia novos movimentos morfogenéticos. O processo continua até à distribuição dos morfógenos estar em equilíbrio com a geometria da forma em evolução. Os ciclos de *feedback*, impactantes do padrão à forma e da forma ao padrão, constroem um modelo matemático da morfogénese enquanto processo dinâmico do qual a forma surge.

⁹⁴ Os métodos tradicionais de *form finding* focam-se maioritariamente no comportamento estrutural mono-paramétrico da forma material, o que, em última instância, constitui relações causais unilaterais. Por outra via, as explorações multi-paramétricas que envolvem diversas forças formativas em acção conjunta complexificam o acto morfogenético, abraçando organizações espaciais e morfológicas de impossível antecipação (Hensel, 2004: 29). Acerca do tema, veja-se a exploração do tema que a experiência de *form finding* intitulada de ‘Membrane Morphologies 02’ de Achim Menges encerra, apresentada em: MENGES, A. – Polymorphism. In HENSEL, M. et al (ed.) – *AD: Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, Profile 180, Vol. 76 n. 2, London: Wiley-Academy, 2006. pp. 79-81.

arquitectonicamente na especulação projectual exercida pelo Emergence and Design Group acerca da tipologia compositiva vertical através da integração de um sistema estrutural helicoidal e uma pele inteligente num sistema material global versátil.

O envelope do edifício foi desenvolvido através da análise digital da superfície geométrica compartimentada de uma maçã-creme, cujos painéis são formalmente similares ainda que de tamanhos diferentes, e a sua constituição global resulta de um número surpreendentemente baixo de variações necessárias para atender à complexidade da sua dupla curvatura. Como refere o grupo ^(Hensel *et al.*, 2004b: 45), o envelope é considerado como um sistema integral entre estrutura e panelização, adaptável em geometria e desempenho. A diferenciação da geometria dos painéis segue uma lógica semelhante à diferenciação das hélices – todos pertencem ao mesmo tipo e lógica geométrica, variando a sua morfologia através de um número limitado de mudanças paramétricas. Estas mudanças paramétricas permitem que a forma do painel se adapte à mudança de curvatura e densidade variável da estrutura helicoidal através de um algoritmo simples. A organização do interface estrutural, a conexão entre as hélices e as regiões dos painéis, é local, mantendo por consequência a coerência entre as diferentes hierarquias geométricas e a capacidade de ajuste às mudanças globais na geometria.

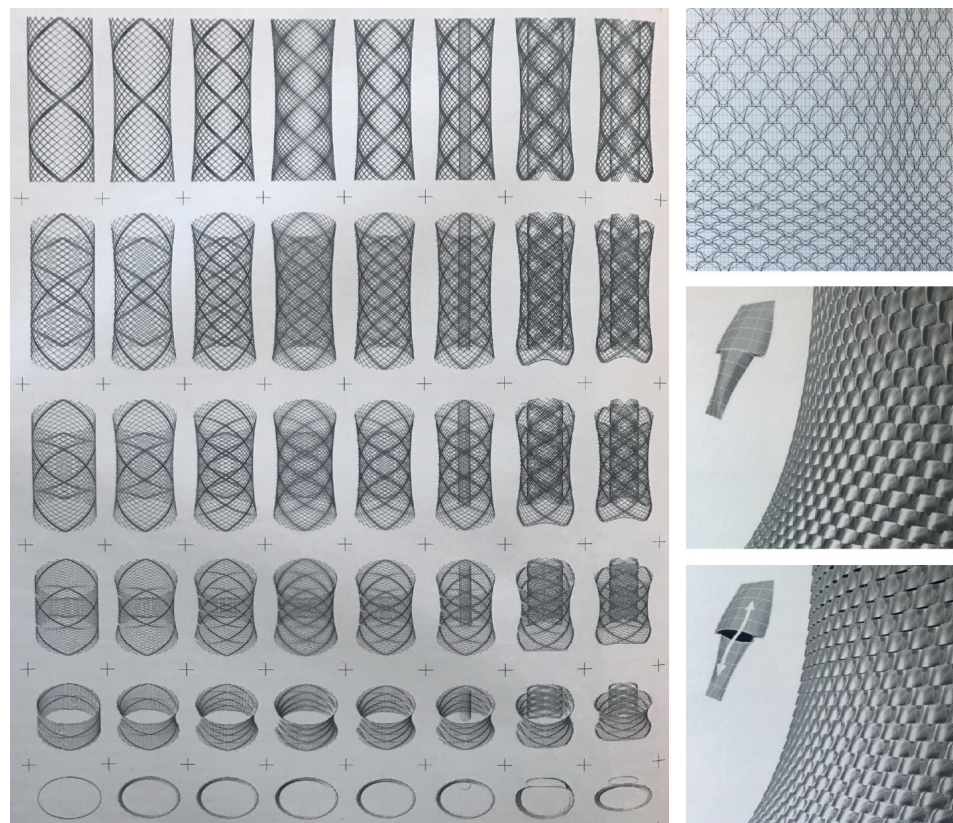


fig. 3.19. O processo evolucionário do projecto experimental do grupo Emergence and Design Group começa através do componente mais simples da indústria construtiva: o tubo de aço (secção 150 mm de diâmetro). O elemento foi torcido ao longo de uma hélice com dimensões limitadas pelas restrições de planeamento anexas ao local do concurso para um edifício vertical. Através da aplicação de forças à geometria global, a estrutura gerada pelas sucessivas cópias e rotações do elemento tubular segundo o centro original produz uma população de formas variantes especulativas (à esquerda, segundo EDG ^(Hensel *et al.*, 2004b: 42)). Em cima à direita, geometria do painel-envelope: diferenciação algorítmica. Em baixo, adaptabilidade do painel-envelope. Segundo Hensel *et al.* ^(2004b: 45), a pele é activada por uma estrutura micro-pneumática. Ela alcança as suas capacidades cinéticas através da pressão diferencial num sistema capilar de células actuantes pneumáticas, distribuídas entre as membranas interna, central e externa. A pressão diferencial nestas suas camadas despoleta a mudança de geometria dos painéis de convexa para côncava, com consequências arquitectónicas imediatas como a reflexão de luz e ventilação.

Esta aproximação de desenho generativo derivado de manipulações locais de um sistema global mais largo encontra paralelo na exploração exercida por Achim Menges em *Landscape Playhouse*. Neste projecto, a complexidade do sistema global emerge das manipulações locais distribuídas pelo campo estrutural de uma superfície contínua. A correlação entre pontos locais de controlo da superfície e lógicas geométricas, topológicas e estruturais é desenvolvida através de um processo evolutivo de teste e análise de modelação digital e física. Segundo o autor (2004: 87), as características geométricas e lógicas estruturais de superfícies curvas auto-intersectadas definiram a base de um processo morfogenético conduzido por *scripts* de informação seccional, que resulta na diferenciação de superfície e organização espacial. A combinação destas modalidades operativas com técnicas de análise digital do processo de evolução e performance da superfície revela padrões de efeitos morfo-ecológicos diferenciados.

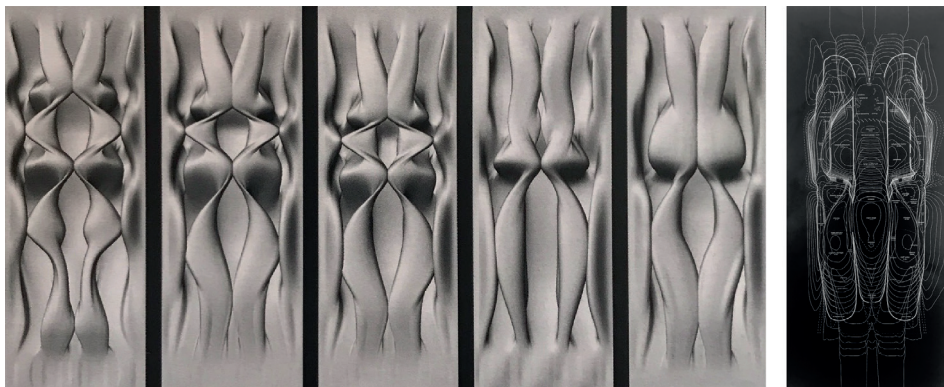


fig. 3.20. Achim Menges, *Landscape Playhouse*. Estudo da evolução morfológica, características geométricas e lógicas estruturais de superfícies curvas auto-intersectadas (em cima); (ao lado) linhas de definição de superfície derivadas do processo morfogenético digital e da organização programática planar. Conforme descreve Menges (2004: 87), empregando diferentes tecnologias CAD/CAM, a curvatura performativa e a intersecção da superfície é informada pela correlação das modalidades física e digital de modelação. Nomeadamente, modelos a laser mono-seccionais e bidireccionais informam o estudo das curvaturas seccionais; prototipagem rápida a laser sinterizado investigam a diferenciação das geometrias de superfície localmente complexas; e modelos seccionados impressos em 3d corroboram as relações topológicas. Estas modalidades juntamente com o aprofundamento do *script* revelam a relação operativa do processo evolutivo da superfície e a manipulação da superfície na modulação de diferentes zonas e graus de conectividade ou clausura, intensidades lumínicas, climáticas e sonoras.

Estas estratégias que permeiam o desenvolvimento de organizações diferenciáveis aqui retratadas constituem parte integrante de um processo projectual que relaciona a evolução da forma arquitectónica com a performance global do ecossistema contingente. Em adição, sugere Menges (2004: 87), as mudanças activas que o processo evolutivo acarreta cede plasticidade aos elementos estruturais e espaciais adaptados em consonância, desencadeando campos de potencial interesse exploratório fecundos da proliferação de uma organização global em constante mutação. Nestes termos, Manuel DeLanda (2002: 9), explorando as possibilidades contidas no algoritmo genético, no qual as simulações evolutivas substituem o desenho tradicional, enfatiza a necessidade de criação de espaços evolutivos férteis, largos e suficientemente abertos para que seja impossível considerar todas as configurações possíveis no acto inicial de projectação.

Mais que tudo, esta metodologia de desenho arquitectónico é percebido como um ecossistema da virtualidade, atrás retratada, que organiza espaço segundo uma embalagem inclusiva e performativa que alarga e densifica o meio projectual.

Para Weinstock (2004: 16), os conceitos e técnicas matemáticas que (re)produzem comportamentos colectivos a partir de respostas locais simples têm o potencial de mudar radicalmente os sistemas ambientais da projectação arquitectónica. À semelhança dos organismos naturais, o comportamento inteligente produzido pelas capacidades auto-organizativas dos sistemas dinâmicos das geometrias adaptativas agora computacionais enriquecem o leque conceptual da produção arquitectónica.

“Emergence is of momentous importance to architecture, demanding a substantial revision to the way in which we produce designs. We can use mathematical models outlined above [processos adaptativos biológicos] for generating designs, evolving forms and structures in morphogenetic processes within computational environments. Criteria for selection of the ‘fittest’ can be developed that correspond to architectural requirements of performance, including structural integrity and ‘buildability’. Strategies for design are not truly evolutionary unless they include iterations of physical (phenotypic) modelling, incorporating the self-organising material effects of form finding and the industrial logic of production available in CNC and laser-cutting modelling machines.” (Weinstock, 2004: 17)

A extensão do conceito de um sistema material incorporando as suas características materiais, comportamento geométrico, constrangimentos de fabricação e lógica de montagem permite derivar e elaborar o projeto através das capacidades performativas intrínsecas do sistema. Isso promove, segundo Achim Menges (2006: 79), uma compreensão da forma, materiais e estrutura não como elementos separados, mas sim como interações complexas em sistemas polimórficos⁹⁵ resultantes da resposta a influências variadas e derivadas através das lógicas e restrições dos processos avançados de fabricação. Esta demanda por novos modos de integração de técnicas de desenho e projectação, tecnologias de produção e performance de sistemas, que coloca irremediavelmente ênfase numa lógica estrutural tectónica, constitui uma secção transversal arquitectónica que Rivka e Robert Oxman denominam por “novo estruturalismo”. Na edição homónima do periódico *Architectural Design*, a documentação destes modelos de exploração exercida pelos autores define-os como uma síntese de princípios emergentes e dinâmicos de ordenamento espacial, estrutural e material, integrados através da aplicação de estudos de materialização e tecnologias de fabricação. Segundo os próprios (2010: 23), a estruturação da Arquitectura enquanto prática material requer esta fundação teórica suficientemente abrangente que integre e sustente teorias, métodos e tecnologias emergentes no acto projectual: os campos da investigação estrutural, morfogénese e tectónica digital, materialidade e geração evolutiva da forma orientada ao desempenho comportamental são domínios processuais de engenharia que convergem no plano de acção do arquitecto⁹⁶. De

⁹⁵ Polimorfismo, conforme discute Hensel (2006: 11), refere-se ao estado de ser-se feito de diversos elementos, formas, tipos ou indivíduos. Em biologia, designa a ocorrência de diferentes formas, estágios ou tipos em organismos individuais ou organismos da mesma espécie.

⁹⁶ Este *momentum* arquitectónico, assente na equação de mecanismos generativos, adaptáveis e responsivos ao ecossistema na praxe morfológica arquitectónica, é expressa de forma proeminente nas relações colaborativas expandidas que se desenvolveram na última década e meia entre arquitetos e a engenharia estrutural. Se porventura a designação tradicional da interacção entre arquitecto e engenheiro terá sido uma de pós-racionalização (formal), a transcendência desta relação para uma outra transversalmente cooperativa desenvolveu novos modelos de investigação de estruturas geométricas complexas que desafiam aqueles primeiros métodos ortodoxos. O próprio reconhecimento global de nomes como Cecil Balmond (nomeadamente pelas colaborações a longo termo com Rem Koolhaas e Toyo Ito na Serpentine Pavillion em Londres) e a aposta de empresas como Arup na criação de grupos de investigação como

facto, como advogam os autores, através das novas tecnologias de fabricação e investigações na área dos materiais sintéticos e inteligentes, o impacto do material sobre a forma arquitectónica tornou-se um dos notáveis domínios da actual exploração do projecto arquitectónico. Através de actos estruturantes codificadores dos sistemas materiais, a fabricação não mais procede a técnicas de modelação; antes, este “novo-estruturalismo” imiscui ambos num processo morfológico interdependente de produção arquitectónica, designando um afastamento cultural do formalismo em prol de práticas materiais em regime aberto. Sobretudo, revela a concepção do desenho arquitectónico motivado por conceitos *a priori* estruturais e materiais, cuja organização relacional firma a base generativa do projecto

(Oxman e Oxman, 2010: 23)*

“With the assistance of advances in structural and material engineering entering contemporary discourse, architectural culture appears poised for transformation. Designers now seek to advance nature’s strategies in structuring matter by designing synthetic multifunctional materials competing with evolution’s unrestricted time frame of design process. Fitness, not form, is what actually matters. Welcome to the new materiality.”

(Neri Oxman, 2010: 81)

Na sua teorização acerca desta mesma cultura material, Achim Menges (2015: 9) destaca a emergência da computação como interface chave na exploração material, possibilitando o envolvimento de princípios da materialidade natural que, até recentemente, distavam da intuição e concepção morfológica dos agentes de desenho. Esta mudança perceptiva na qual a materialidade arquitectónica passa de um entendimento de propriedade fixa e interlocutor passivo da forma para um outro de agente activo e adaptativo, gerador de desenho e performance arquitectónica, empreende uma condução projectual envolta na fusão do físico com o computacional como modelo oportuno ao processo performativo. Em contraste com os moldes lineares e mecanicistas da fabricação e manufactura digital, a materialização, diz o autor, começa agora a coexistir com a projectação, na forma de explorações de processos ciber-físicos.

“Not only can materiality become an active driver in design; computation also enables an expanded understanding of materialisation, which can now be conceived as a generative process in design rather than just a its physical execution.” (Menges, 2015: 15)

Este “novo materialismo”, enquanto linha emergente de pensamento do século XXI⁹⁷, propõe o desenvolvimento de processos de desdobramento da forma material enquanto processos abertos conduzidos por padrões de imanência entre ser e tornar-se. Como defende Menges, computação, simulação e, em última análise, produção ciber-física permite o envolvimento criativo da divergência e multiplicidade latente na forma material, possibilitando sobretudo a concepção de sistemas materiais enquanto construções individuais globalizantes, em

a Advanced Geometry Unit (AGU) atestam esta relação emergente entre canais profissionais. Sobre o assunto, leia-se a discussão de Achim Menges com o SmartGeometry Group em:

MENGES, A. – Instrumental Geometry. In HENSEL, M. *et al* (ed.) – *AD: Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, Profile 180, Vol. 76 n. 2, London: Wiley-Academy, 2006. pp. 42-53.

⁹⁷ Como trata Menges (2015, 10), Manuel DeLanda, usualmente tido por aquele que cunhou o termo e protagonista nesta concepção contemporânea do mundo material, descreve como a visão Aristotélica da matéria enquanto receptáculo inerte da forma imposta do exterior, associada à ideia Newtoniana de uma materialidade obediente governada por leis gerais, dá lugar à nova conceptualização da matéria activa autorizada pelas suas próprias tendências e capacidades. Veja-se:

DELANDA, M. – The New Materiality. In MENGES, A. (ed.) – *AD: Material Synthesis: Fusing the Physical and the Computational*, Profile 237, London: Wiley-Academy, 2015. pp. 16-21.

detrimimento de derivações de um determinado tipo. À medida que as máquinas de produção da “Quarta Revolução Industrial” não dependem exclusivamente de um conjunto claro de instruções elaboradas em determinado código de controlo, elas tornam-se cada vez mais capazes de detectar, processar e interagir com o mundo material em tempo real, abrindo a possibilidade de desenvolvimento de processos verdadeiramente explorativos da construção computacional que funde desenho de projecto com materialização (Menges, 2015: 12).

Achim Menges e Steffen Reichert, baseados no processo higroscópico⁹⁸ e nas características sensíveis à humidade da madeira, desenvolvem um conjunto de sistemas inovadores responsivos à condição climática, apoiados pela simultânea função de sensor, motor, e componente performativa que as propriedades elementares da madeira detêm. Conforme definem os autores (Menges e Reichert, 2015: 68), se na biologia, a actuação higroscópica garante movimento sem a existência de músculo, em arquitectura, por sua vez, capacita deslocamentos sem a presença de motor; fornecendo, por consequência, os meios para uma aproximação *no-tech* às morfologias metereosensíveis, como o caso da instalação *HygroScope*, e ampliam o cardápio metodológico contemporâneo de sistemas *high-tech*, electrónicos ou mecânicos, na respectiva procura pela emergência operacional.

A instalação *HygroScope – Meteorosensitive Morphology* (2012), exposta na exibição “Multiversités Créatives” no Centre Pompidou, procurou questionar e envolver as dinâmicas do meio-ambiente inserindo uma extensão virtual das condições climatéricas exteriores ao Pompidou no interior deste, sob a forma de uma estrutura material fisicamente programada através de 4000 elementos em folheado de madeira geometricamente únicos que reproduzem as flutuações do clima parisiense.



fig. 3.21. Achim Menges e Steffen Reichert, *HygroScope – Meteorosensitive Morphologies*, 2012. Situada dentro da vitrine, a morfologia metereosensível da estrutura responde constantemente aos valores de humidade no exterior, através da movimentação dos seus elementos de superfície.

A morfologia descentralizada do sistema pelas diferentes geometrias dos elementos que a compõem indexa zonas micro-climáticas através das respostas locais específicas dos elementos da superfície que se abrem quando no exterior se dá um aumento da humidade relativa e se fecham quando os níveis desta descem.

Por seu turno, em *HygroSkin – Meteorosensitive Pavilion* (2013), Menges, Reichert e Krieg examinam a tensão entre um envelope ondulante, que incorpora pontualmente aglomerados geométricos responsivos a condicionantes metereológicas, e o arquétipo da caixa. Além de promover o desenvolvimento das investigações acerca da performance material realizadas em

⁹⁸ A higroscopia remete para o estudo da humidade dos corpos. Um dos aspectos mais interessantes do processo higroscópico, dizem Menges e Reichert (2015: 68), é a capacidade em atrair moléculas de água do seu ambiente. A estrutura celulósica da madeira procura a manutenção do teor de humidade em equilíbrio com a humidade relativa circundante, absorvendo a humidade da atmosfera quando seca e libertando-a quando molhada. Este comportamento higroscópico e a respectiva dimensão instável da madeira, historicamente considerada problemática à manufactura, quando conceptualizado diferentemente, possui significativo potencial performativo.

HygroScope, e ter aproveitado ainda estudos acerca das estruturas auto-geradas elasticamente, o projecto sublinha acima de tudo o potencial da matéria e da performance material na estruturação da experiência arquitectónica.

“Beyond the functional benefits of an autonomously weather-responsive envelope, the pavilion’s deep ecological embedding provides for a unique convergence of environmental and spatial experiences. The fluctuation of varying degrees of enclosure, illumination and interiority in concert with the perception of the locally varied and ever-changing weather dynamics is intensified through the meteorosensitive architectural skin, which embodies the capacity to sense, actuate and react, all within the material itself.” (Menges e Reichert, 2015: 72)

72)

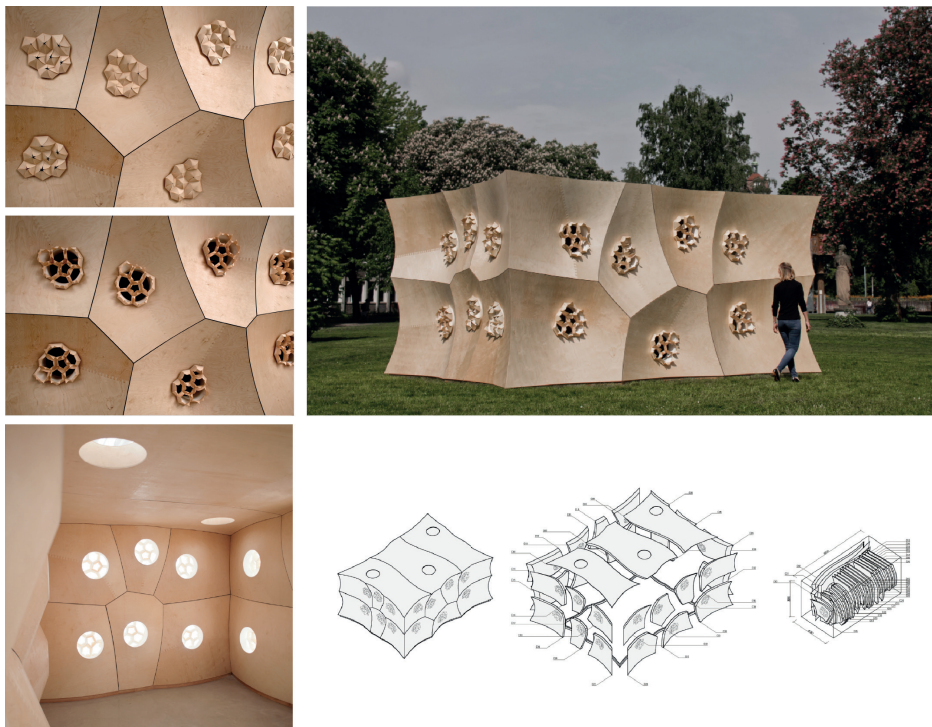


fig. 3.22. Achim Mengues, Oliver Krieg e Steffen Reichert, *HygroSkin - Meteorosensitive Pavilion*, Orleães, France, 2013. O pavilhão é constituído por 28 módulos geometricamente únicos e cujas formas derivam todas elas da capacidade auto-conformativa dos painéis de contraplacado em se dobrar elasticamente. O centro de cada módulo detém um agregado geométrico meteoro-sensitivo capaz de sentir, actuar e reagir, com base unicamente nas propriedades da madeira.

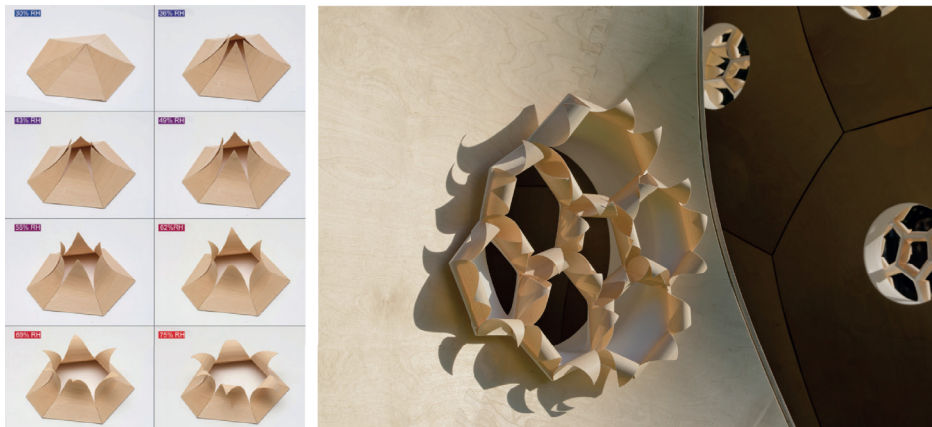


fig. 3.23. O comportamento higroscópico da madeira constitui a base para as aberturas performativas do pavilhão face às condicionantes meteorológicas. Estes elementos responsivos do HygroSkin são fisicamente programados para se abrirem em condições de baixa humidade (em cima à dir.) e se fecharem quando os níveis aumentam. O intervalo de resposta dos 1100 elementos que compõem as aberturas está definido entre os 30 e os 90% de humidade relativa, correspondentes à flutuação em zonas climáticas moderadas (em cima à esq.).

Estas suas pesquisas acerca da performance material estendem-se de resto à própria elaboração sintética da estrutura material através de tecnologias avançadas de manufactura por adição. O desenvolvimento de ferramentas customizadas de desenho, controlo maquínico e composição material sintética tornaram possível a produção de protótipos em impressão 3d, que mostram o mesmo comportamento que aqueles em composto de folhado de madeira. E nestes termos, refere Menges (2015: 13), à medida que a abordagem integrativa do desenho e manufactura computacional induz que forma, estrutura e movimento comportamental poderão ser equacionados dentro de uma perspectiva compreensiva da materialidade, a computação material substitui sistemas mecânicos, introduzindo a possibilidade de uma verdadeira arquitectura ecologicamente integrada.

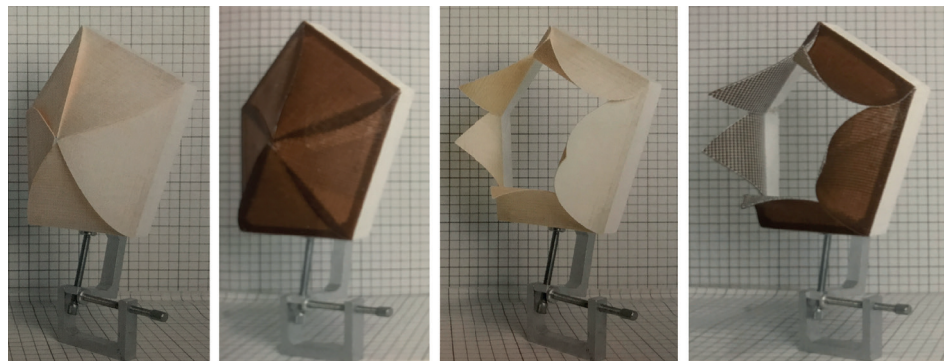
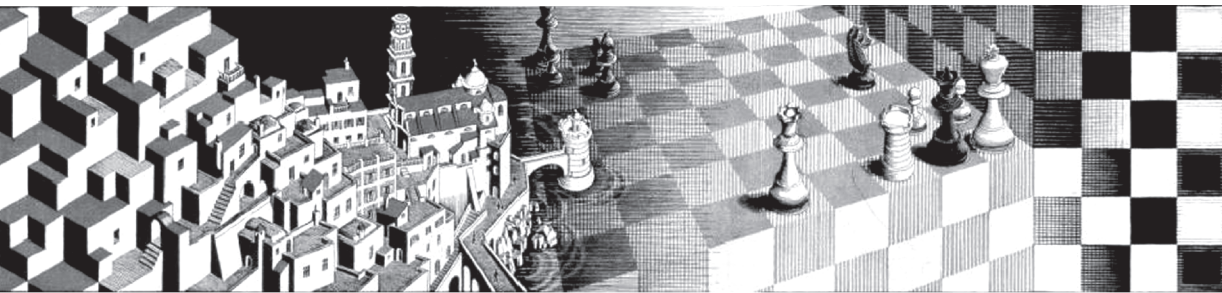


fig. 3.24. Tecnologias avançadas de manufactura por adição são agora usadas para desenhar a própria estrutura material de elementos meteoro-sensíveis. Segundo Menges (2015: 72), ferramentas de desenho, fabrico e composição material customizadas tornou possível a produção de protótipos (em cima) que mimetizam o comportamento inerente à anatomia da madeira.

A cada vez mais acelerada convergência entre o computacional e o físico, a rápida mudança das lógicas industriais de produção operada neste século e a erosão das hierarquias disciplinares estabelecidas influenciam radicalmente os processos projectuais. A reconciliação da ruptura entre o mundo científico e o domínio intuitivo, conceptual e operativo ao projecto parece ser um componente chave na formação dessa transformação em arquitectura. Como sugere Menges (2015: 15), o forjar de novas alianças entre os campos de desenho digital e metodologias projectuais, por sua vez relacionadas com a engenharia e as ciências naturais levam irremediavelmente a novas culturas de projecto multidisciplinar, como permitem também a exploração das tecnologias ciber-físicas, que relevam no processo topológico da emergência, novos potenciais espaciais, estruturais, sociais e ecológicos.

Mais que tudo, o denominador comum das aproximações ao projecto arquitectónico que a dimensão topológica irremediavelmente instrui, e que aqui foram sendo retratadas, consiste na ênfase do *processo*: em boa parte, no ênfase da dimensão temporal que este anui ao ambiente arquitectónico que pugna pela instigação da morfologia evolutiva; e, sobretudo, dos padrões dinâmicos de variação, proliferação e diferenciação morfológicas admitidos pela grandeza inter-relacional entre forma, espaço, programa e matéria. É, pois, por referência ao facto de as técnicas contemporâneas se basearem no processo, que o ambiente projectual, como assim o vê Menges (2004: 81), é percebido como um composto dinâmico de ecologias condicionais específicas e itinerários resolutivos concordantes, assentes em campos gradientes performativos entre micro e macro esferas. Juntas, produzem uma relação dinâmica entre

intensidades que são estruturais ao projecto. Tal aproximação integral e topológica promove a equação de modulações abertas a um ecossistema global por forma a que a exploração morfológica produza interações e relações mutáveis entre as partes que o constituem. Nesse sentido, este processo marca uma mudança da tradicional metodologia de desenho espacial baseada no unitário (*unit-based design approach*) para uma outra baseada no condicional (*condition-based design*). Em última análise, do morfografismo para a morfogénese.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

This same sort of thinking will be used to generate provocative new forms. Assemblages that will not rely upon the random egocentric mutterings and musings of the designer. Building designs will in fact “self-assemble.” You program in the variables (history, program site, budget, style), model and render it in UrSpace™, and bingo! A resin model pops out like a piece of toast from a STL (stereo lithography) machine – you’ve got a slick little project. You could even program in a certain amount of indeterminacy, chaos, or Euler characteristics, if that’s your trip, and hedge the topological envelope. Go ahead, make a name for yourself, you futurist! (Beckmann, 1998: 16)

Ao longo da epopeia histórica que baliza a cultura ocidental, as noções de arquitectura têm mantido centralidade nos princípios de estabilidade, permanência e espacialidade, que de resto, se percebem perpetuados de uma tradição clássica que alicerça sobremaneira a primeira. Ignàsi Solà-Morales (2008: 10) na sua extrapolação aos conceitos tradicionais de arquitectura traça sucintamente a ponte entre a tríade vitruviana – em particular, o conceito de *firmitas* – e a consistência física e construtiva delimitadora de um espaço que fez, durante vinte e cinco séculos, que a arquitectura seja um saber, técnica e processo ligados à estabilidade. Tal noção do estável que se retira da firmeza física do espaço construído acaba por se adensar resguardada pela semântica das lógicas platónicas e totalizadoras que se expressam, em última instância, na pureza dos sólidos euclidianos de *Vers une architecture*.

Esta modelação conceptual que se traduz por uma espacialidade cartesiana enxuta, à luz dos desenvolvimentos científicos e culturais do final do século passado, oscilou em arquitectura, como visto, para um corpo teórico tardo-moderno que se revê no capital conceptual do tempo e da tensão das prioridades opostas do híbrido espaço-temporal.

As notações deleuzianas acerca da continuidade que Leibniz introduzira com a sua delineação do cálculo estruturaram uma frente arquitectónica que percebeu na dobra um processo conceptual que instiga e educa arquitectonicamente o potencial da multiplicidade e virtualidade como modelo regulador de uma génese esquizofrénica da complexidade que vinha sendo debatida no seu domínio disciplinar. E se, de facto, a introdução do *fold* em arquitectura parece ter estruturado, como vimos, novas interpretações e processos conceptuais da arquitectura assentes na equação de um espaço vectorial/qualitativo e estruturados por lógicas deFormativas (Kipnis, 2004: 56-65), as alterações culturais e operativas trazidas pela era da Informação e, em particular, a computação digital e suas geometrias animadas, percebe-se terem operado profundo impacto no domínio metodológico da produção arquitectónica. Pelo seu potencial em abraçar a não-linearidade, o indeterminismo e a emergência no processo projectual e morfológico, as novas técnicas de desenho digital introduzidas pela figura topológica desafiaram as convenções de desenho estável e de encadeamento monotónico em prol de uma filosofia processual mais fluida e inter-relacional. Por consequência, e até pelas directas conotações que o paralelo traçado entre a dobra e a topologia detém com o *processo* de proliferação morfológica, aquilo que de mais salutar parece dever ser retido é precisamente o cariz metodológico que as duas definições introduzem nas esferas quer teórica quer operativa da arquitectura. De facto, apesar da sua substância matemática, nomeadamente as teorias Catastróficas, transmitir modelações curvas, o *fold*, assim como a topologia enquanto super-

figura ou diagrama monádico, não pretende oferecer um produto ou estereótipo arquitectónico mas antes substanciar um processo. Se bem ficou claro durante o discurso atrás exercido, tal estrutura topológica, por via intrínseca, declina de todo o tipo, fundamentando antes uma atitude processual da heterogeneidade.

A estética “blobista”, que parece ser universal aos projectos da vanguarda do virar de século, transportou não poucas vezes o discurso crítico acerca da disciplina topológica para o mais imediato território da manifestação formal expressionista, esvaziando o conteúdo relacional e contextualista das respectivas práticas e diluindo aquilo que se vê como a mais fundamental e consequente questão que é a abertura de novas oportunidades na aproximação ao acto projectual contemporâneo. A introdução de novas metodologias que não a tradicional projecção perspéctica e o euclidianismo representativo como modelos operativos do desenho espacial que os mecanismos topológicos aportam ao desenho arquitectónico, sistematiza arquitecturas projectuais animadas que apontam para um processo de produção arquitectónica mais fluido, que se desloca do habitual desenho iterativo em favor do desenvolvimento afiliativo e evolutivo da forma, de estratégias morfogenerativas, de incorporação e de emergência formal. Tais desígnios paramétricos do novo processo digital situam a sua dimensão não só instrumental de representação e controlo analítico como, mais relevante, aquela simultaneamente generativa e gestora de um processo de desenho não-linear que, por consequência, define uma arquitectura de processos colaborativos na busca compositiva. Aliás, como se retira dos exercícios animados dos autores apresentados, percebe-se na abordagem morfogenerativa um reconhecimento e admissão explícitos do imprevisível e inesperado como modelo operativo à invenção poética e produção criativa.

A este teor estético da conformação dinâmica concorre, por outra via, uma alteração significativa do *modus operandis* projectual com base na convergência dos processos de representação e fabrico que os meios digitais outorgaram. O regime elástico e inter-relacional do desenho, representação, análise e produção é também ele manifestação de um sistema (colaborativo) contínuo e heterogéneo, topológico na sua condição relacional não-hierárquica.

Este *continuum* digital que Kolarevic ^(2003b: 3-4) refere – e que o futurismo irónico do excerto supra-citado deixa espelhar (o que não é surpreendente, dado o rápido crescimento das tecnologias digitais) – levanta não só as referidas questões metodológicas de produção morfo-arquitectónica, como também interpela questões acerca da significação da informação no próprio domínio conceptual do espaço. Quer as investigações de Perrella ou as notações de Novak acerca do *newspace* como soma interativa de espaço local, remoto e virtual, resumem nesse sentido novas experimentações que diluem a dualidade entre real e virtual e produzem uma arquitectura do evento que atende ao dinamismo das especificidades locais, às lógicas da evolução emergente e aos processos robóticos de deformação morfo-espacial. Estes ensaios especulativos que relacionam a noção do híper-corpo com a performance arquitectónica através do desenvolvimento de mecanismos de *trans-formação* abre um debate saudável acerca das estratégias do desenho arquitectónico evolutivo não só ao nível da concepção morfológica como também da esfera performativa da arquitectura.

A complexificação da abordagem morfogenética baseada nos conceitos evolutivos e biológicos que envolveu a compreensão da interdependência entre a forma emergente e a performance da materialidade constituinte, sem diferenciar os processos de formação e materialização, exigiu

um conjunto de ferramentas paramétricas e materiais que desencadearam dinâmicas complexas de inter-relação entre a auto-organização da forma material e os processos formativos que estruturam morfologias emergentes enquanto estados de transição conjunturais. Esta introdução e desenvolvimento no projecto do potencial orgânico que vigora no limiar da era informacional e dos novos materiais programáveis alargaram os processos de continuidade, deformação e relacionamento relativamente ao comportamento físico dos objectos construídos, estabelecendo novas fronteiras na relação fenomenológica e relacional da arquitectura. A exploração destas arquitecturas fluidas e responsivas introduzem uma nova dimensão de interface e inteligência que liquidifica e dilata a condição projectual arquitectónica, e talvez enquadre aquilo que Juhanni Pallasmaa profetizou como o papel das novas tecnologias da informação como técnicas que diluem o hegemonia uni-sensorial da visão no processo arquitectónico modernista.

Em retrospectiva, fica claro que, se por um lado, à falta de instrumentação expedita que permeasse os desígnios topológicos que o tópico deleuziano inerentemente acarretava, a versão primária do *folding* em arquitectura produziria desdobramentos perpetuados nas formas construídas apenas através da sugestão do desenvolvimento contínuo do processo conformativo; por outro, numa segunda fase, digital e ciber-plástica, os processos conformativos estendem-se ao efectivo ambiente físico, estruturando aquilo que de mais interessante se percebe como contributo da topologia à forma de produção contemporânea que é a condicionalidade do processo aberto, quer morfológico, quer metodológico, de projectação arquitectónica. Mais ainda, de entre o que se adivinha por desenvolvimentos vindouros na relação da materialidade com a arquitectura, a noção da virtualidade, intrínseca ao binómio aqui estudado, educou a *práxis* arquitectónica no seu âmbito global espacial, estendido desde a instrução conceptual do projecto, que os '*Folders*' (Spiller, 2006: 212) celebraram, até à interdependência entre o processo operativo do desenho morfogenerativo e a performance arqui-tectónica: enquanto infraestrutura líquida ou, se quisermos, máquina abstracta ela é condicional e nesses termos, orgânica por oposição a mecanicista. Isto é, totalizadora da dimensão projectual arquitectónica sem no entanto prescrever form(ul)ações ou arquitecturas.

BIBLIOGRAFIA

- AMORIM, J. – Geometria. In *Enciclopédia Luso-Brasileira de Cultura*, 9º vol., Editorial Verbo, L^{da}, 1969.
- BARR, S. – *Experiments in Topology*, New York: Dover Publications, Inc., 1989 (1964).
- BECKMANN, J. – Merge Invisible Layers. In BECKMANN, J. – *The Virtual Dimension: Architecture, Representation, and Crash Culture*, New York: Princeton Architectural Press, 1998. pp. 1-17.
- BENEVOLO, L. – *Introdução à Arquitectura*, Lisboa: Edições 70, 2007.
- BLOCH, E. – *A First Course in Geometric Topology and Differential Geometry*, Boston: Birkäuser, 1997.
- BÖK, C. – *'Pataphysics': the Poetics of an Imaginary Science*, Northwestern University Press, 2002.
- BONET, J. – *El último Gaudí: La modulación geométrica del Tempo de la Sagrada Familia*, 3ª edición, Barcelona: Pòrtic, 2006 (2000).
- BONOLA, R. – *Non-Euclidean Geometry*, New York: Cosimo, Inc, 2007 (1912).
- BORSI, F. – *Bramante / Franco Borsi: catalogo critico a cura di Stefano Borsi*, Milano: Electa, 1989.
- CACHE, B. – *Earth Moves: The Furnishing of Territories*, Cambridge: the MIT Press, 1995.
- CACHE, B. e SPEAKS, M. – Framing the Fold: Furniture, Architecture, Geography, and the Pursuit of the Virtual. In BECKMANN, J. (ed.) – *The Virtual Dimension – Architecture, Representation and Crash Culture*, Nova Iorque: Princeton Architectural Press, 1998. pp. 292-303.
- CACHE, B. – Objectile: The Pursuit of Philosophy by Other Means?. In PERRELLA, S. (ed.) – *AD: Hypersurface Architecture II*, Profile 141, Vol. 69 n. 9/10, Chichester: Wiley-Academy, 1999. pp. 66-71.
- CARPENTER, R. – Force Affect: An Ethics of Hypersurface. In DI CRISTINA, G. (ed.) – *Architecture and Science*, Chichester: Wiley-Academy, 2001. pp. 218-223.
- CARPO, M. – Ten Years of Folding. In LYNN, G. (ed.) – *AD: Folding in Architecture*, Revised Edition. Chichester: Wiley-Academy, 2004 (1993). pp. 14-19.
- CASTLE, H. – Preface. In LYNN, G. (ed.) – *AD: Folding in Architecture*, Revised Edition. Chichester: Wiley-Academy, 2004 b. (1993). pp. 9-13.
- COHN-VOSSSEN, S. e HILBERT, D. – *Geometry and the Imagination*, 2nd edition. New York: AMS Chelsea Publishing, 1999.
- COMMANDINO, F. – *Os Elementos de Euclides – Dos seis primeiros livros, do Undécimo e Duodécimo da Versão Latina de Frederico Commandino*. Coimbra: Imprensa da Universidade, 1855. [Consult. 2016-09-10]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.mat.uc.pt/~jaimecs/euclid/elem.html>
- CONSIGLIERI, V. – *A Morfologia da Arquitectura 1920-1970*, Volume I. 3ª edição. Lisboa: Editorial Estampa, 1999.
- DAHAN-DALMEDICO, A. e PEIFFER, J. – *Une histoire des Mathématiques – Routes et Dédalles*, Paris: Éditions du Seuil, 1986.
- DELANDA, M. – Deleuze and the Use of the Genetic Algorithm in Architecture. In RAHIM, A. (ed.) – *AD: Contemporary Techniques in Architecture*, Profile 155, Vol 72, nº 1, London: John Wiley & Sons, 2002. pp. 9-12.

- DELEUZE, G. – *The Fold: Leibniz and the Baroque*, London: Continuum, 2006 (1993).
- DI CRISTINA, G. – The Topological Tendency in Architecture. In DI CRISTINA, G. (ed.) – *Architecture and Science*, Chichester: Wiley-Academy, 2001. pp. 7-13.
- DILLER, E. e SCOFIDIO, R. – *Flesh: Architectural Probes*, New York: Princeton Architectural Press, 1994.
- EATON, L. – Fractal Geometry in the Late Work of Frank Lloyd Wright: The Palmer House. In WILLIAMS, K. (ed.) – *Nexus II: Architecture and Mathematics*, Fucecchio: Edizione dell'Erba, 1998. pp. 23-38.
- EISENMAN, P. – Folding in Time: The Singularity of Rebstock. In LYNN, G. (ed.) – *AD: Folding in Architecture*, Revised Edition. Chichester: Wiley-Academy, 2004 b. (1993). pp. 38-42.
- EMMER, M. – *Mathland: from Flatland to Hypersurfaces*, Basel: Birkhäuser, 2004. [Consult. 2016-11-14]. Cap.1 – The Beginning: from Euclid to the Death Star. Disponível em [www:<URL:http://books.google.com/books/about/Mathland.html?id=h34n_Nx3L_EC](http://books.google.com/books/about/Mathland.html?id=h34n_Nx3L_EC)
- EMMER, M. – Mathland: The Role of Mathematics in Virtual Architecture. In WILLIAMS, K. (ed.) – *Nexus Network Journal: Architecture and Mathematics*, Vol. 7, n° 2. Turin: Kim Williams Books, 2005. pp. 73-88.
- EMMER, M. – The Idea of Space in Art, Technology and Mathematics. In *APLIMAT – Journal of Applied Mathematics*, vol.1, n° 2, 2008. pp. 71-82. [Consult. 2016-11-20]. Disponível em [www:<URL:http://www.journal.aplimat.com/volume_1_2008/General_Information/number_2.html](http://www.journal.aplimat.com/volume_1_2008/General_Information/number_2.html)
- EMMER, M. – The idea of Space, from Topology to Virtual Architecture. In *GA2010 – XIII Generative Art Conference*, Milano, 2010.
- FABER, R. – *Foundations of Euclidean and Non-Euclidean Geometry*, Nova Iorque: Marcel Dekker, Inc, 1983.
- FURTADO, G. – Participação, autoria e autoridade: Pensamento sistémico, representação arquitectónica e Cedric Price. In *Arq/a: Experiências Participativas*, n° 90/91, Março/Abril 2011. pp. 110-113.
- GAUSA, M. *et al* – *Diccionario Metápolis Arquitectura Avanzada*, Barcelona: Actar, 2001.
- GOULTHORPE, M. – Aegis Hyposurface: Autoplastic to Alloplastic. In PERRELLA, S. (ed.) – *AD: Hypersurface Architecture II*, Profile 141, Vol. 69 n. 9/10, Chichester: Wiley-Academy, 1999. pp. 60-65.
- HENSEL, M. – Finding Exotic Form: An Evolution of Form Finding as a Design Method. In HENSEL, M. *et al* (ed.) – *AD: Emergence: Morphogenetic Design Strategies*, Profile 169, Vol. 74 n. 3, London: Wiley-Academy, 2004. pp. 26-33.
- HENSEL, M. – Towards Self-Organizational and Multiple-Performance Capacity in Architecture. In HENSEL, M. *et al* (ed.) – *AD: Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, Profile 180, Vol. 76 n. 2, London: Wiley-Academy, 2006. pp. 5-11.
- HENSEL, M. *et al* – Frei Otto in Conversation with the Emergence and Design Group. In HENSEL, M. *et al* (ed.) – *AD: Emergence: Morphogenetic Design Strategies*, Profile 169, Vol. 74 n. 3, London: Wiley-Academy, 2004a. pp. 18-25.
- HENSEL, M. *et al* – Fit Fabric: Versatility Through Redundancy and Differentiation. In HENSEL, M. *et alts* (ed.) – *AD: Emergence: Morphogenetic Design Strategies*, Profile 169, Vol. 74 n. 3, London: Wiley-Academy, 2004b. pp. 40-47.
- HO, M. – The New Age of the Organism. In DI CRISTINA, G. (ed.) – *Architecture and Science*, Chichester: Wiley-Academy, 2001. pp. 116-123.

- JENCKS, C. – *The Architecture of the jumping universe: A polemic: how complexity science is changing architecture and culture*, Revised edition. London: Academy Editions, 1997.
- JENCKS, C. e KROPF, K. (ed.) – *Theories and Manifestoes of contemporary architecture*, 2nd ed. Chichester: Wiley-Academy, 2006.
- KATZ, V. – *A History of Mathematics: An Introduction*, 2nd edition. Addison-Wesley Educational Publishers, Inc., 1998.
- KIPNIS, J. – Towards a New Architecture. In LYNN, G. (ed.) – *AD: Folding in Architecture*, Revised Edition. Chichester: Wiley-Academy, 2004. (1993). pp. 56-65.
- KLOFT, H. – Non-standard Structural Design for Non-standard architecture. In KOLAREVIC, B. e MALKAWI, A. (ed.) – *Performative Architecture – Beyond Instrumentality*, New York: Taylor & Francis, 2005. pp. 136-148.
- KOLAREVIC, B. – Digital Morphogenesis. In KOLAREVIC, B. (ed.) – *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, New York: Taylor & Francis, 2003a. pp. 11-28.
- KOLAREVIC, B. – Introduction. In KOLAREVIC, B. (ed.) – *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, New York: Taylor & Francis, 2003b. pp. 1-10.
- KLINE, M. – *Mathematics for the Nonmathematician*, New York: Dover Publications, Inc., 1967.
- KLINE, M. – *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times*, New York: Oxford University Press, 1990.
- LEACH, N. – Digital Morphogenesis. In FURTADO, G. e PÓVOAS, R. (ed.) – *Contemporary Architectural Challenges 08: Conception, Production and Performance*, Porto: FAUP Publicações, 2008. pp. 19-24.
- LOOTSMA, B. – En Route to a New Tectonics. In *Daidalos: Architecture, Art, Culture: Constructing Atmospheres*, n° 68, June 1998. pp. 35-47.
- LYNN, G. – *Animate Form*, New York: Princeton Architectural Press, 1999.
- LYNN, G. – Embryologic Houses. In RAHIM, A. (ed.) – *AD: Contemporary Processes in Architecture*, Profile 145, Vol. 70 n. 3, Londres: Wiley-Academy, 2000. pp. 26-35.
- LYNN, G. – *Folds, Bodies & Blobs – collected essays*, 2^e éd. Belgique: La Lettre Volée, 2004 a.
- LYNN, G. – Architectural Curvilinearity: the Folded, the Pliant and the Supple. In LYNN, G. (ed.) – *AD: Folding in Architecture*, Revised Edition. Chichester: Wiley-Academy, 2004 b. (1993). pp. 24-31.
- LYNN, G. – *Shoei Yoh, Prefectura Gymnasium*. In LYNN, G. (ed.) – *AD: Folding in Architecture*, Revised Edition. Chichester: Wiley-Academy, 2004 c. (1993). pp. 94-97.
- LYNN, G. – *Introduction*. In LYNN, G. (ed.) – *AD: Folding in Architecture*, Revised Edition. Chichester: Wiley-Academy, 2004 d. (1993). pp. 9-13.
- LYNN, G. – Stranded Sears Towers. In DI CRISTINA, G. (ed.) – *Architecture and Science*, Chichester: Wiley-Academy, 2001. pp. 64-67.
- MANDELBROT, B. – *The Fractal Geometry of Nature*, New York: W. H. Freeman and Company, 1983.
- MARRUCCI, R. – *La 'Prospettiva' Bramantesca di Santa Maria Presso San Satiro: Storia, Restauri e Intervento Conservativo*, Milano: Amilcare Pizzi S.p.A, 1987.
- MASSUMI, B. – Line Parable for the Virtual (On the superiority of the Analog). In BECKMANN, J. – *The Virtual Dimension: Architecture, Representation, and Crash Culture*, New York: Princeton Architectural Press, 1998. pp. 305-321.

- MASSUMI, B. – Strange Horizon: Buildings, Biograms and the Body Topologic. In DI CRISTINA, G. (ed.) – *Architecture and Science*, Chichester: Wiley-Academy, 2001a. pp. 190-197.
- MASSUMI, B. – Sensing the Virtual, Building the insensible. In DI CRISTINA, G. (ed.) – *Architecture and Science*, Chichester: Wiley-Academy, 2001b. pp. 198-207.
- MENGES, A. – Morpho-Ecologies: Approaching Complex Environments. In HENSEL, M. *et al* (ed.) – *AD: Emergence: Morphogenetic Design Strategies*, Profile 169, Vol. 74 n. 3, London: Wiley-Academy, 2004. pp. 80-89.
- MENGES, A. – Polymorphism. In HENSEL, M. *et al* (ed.) – *AD: Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, Profile 180, Vol. 76 n. 2, London: Wiley-Academy, 2006. pp. 78-89.
- MENGES, A. – Fusing the Computational and the Physical: Towards a Novel Material Culture. In MENGES, A. (ed.) – *AD: Material Synthesis: Fusing the Physical and the Computational*, Profile 237, London: Wiley-Academy, 2015. pp. 8-15.
- MENGES, A. e REICHERT, S. – Performative Wood. In MENGES, A. (ed.) – *AD: Material Synthesis: Fusing the Physical and the Computational*, Profile 237, London: Wiley-Academy, 2015. pp. 66-73.
- MESERVE, B. – *Fundamental Concepts of Geometry*, New York: Dover Publications, Inc, 1983.
- MONTANER, J. – *Depois do Movimento Moderno: arquitetura da segunda metade do século XX*, Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2001.
- NOVAK, M. – Transarchitectures and Hypersurfaces: Operations of Transmodernity. In PERRELLA, S. (ed.) – *AD: Hypersurface Architecture*, Profile 133, Vol. 68 n. 5/6, London: Wiley-Academy, 1998. pp. 84-93.
- NOVAK, M. – Eversion: Brushing Against Avatars, Aliens and Angels. In PERRELLA, S. (ed.) – *AD: Hypersurface Architecture II*, Profile 141, Vol. 69 n. 9/10, Chichester: Wiley-Academy, 1999. pp. 72-76.
- NOVAK, M. – *Notes on Invisible Architectures and Turbulent Topologies*. 2008 [Consult. 03-06-2017]. Disponível em [www:<URL:https://www.mat.ucsb.edu/res_proj5.php](http://www.mat.ucsb.edu/res_proj5.php)
- OOSTERHUIS, K. – *Hyperbodies: towards an E-motive architecture*, Basel: Birkhäuser, 2003.
- OSTWALD, M. – Fractal Architecture: Late Twentieth Century Connections between Architecture and Fractal Geometry. In WILLIAMS, K. (ed.) – *Nexus Network Journal: Architecture and Mathematics*, vol. 3, nº1. Turin: Kim Williams Books, 2001. pp. 73-83.
- OSTWALD, M. – Ethics and Geometry: Computational Transformations and the Curved Surface in Architecture. In DUVERNOY, S. e PEDEMONTE, O. (eds.) – *Nexus VI: Architecture and Mathematics*, Turin: Kim Williams Books, 2006. pp. 77-92.
- OSTWALD, M. *et al* – Characteristic Visual Complexity: Fractal Dimensions in the Architecture of Frank Lloyd Wright and Le Corbusier. In WILLIAMS, K. (ed.) – *Nexus VII: Architecture and Mathematics*, Turin: Kim Williams Books, 2008. pp. 217-231.
- OXMAN, N. – Structuring Materiality: Design Fabrication of Heterogenous Materials. In OXMAN, R. e OXMAN, R. (ed.) – *AD: The New Structuralism: Design, Engineering and Architectural Technologies*, Profile 206. London: John Wiley & Sons, 2010. pp. 78-85.
- OXMAN, N. – Templating Design for Biology and Biology for Design. In MENGES, A. (ed.) – *AD: Material Synthesis: Fusing the Physical and the Computational*, Profile 237, London: Wiley-Academy, 2015. pp. 100-107.

- OXMAN, R. e OXMAN, R. – Introduction: The New Structuralism: Design, Engineering and Architectural Technologies, In OXMAN, R. e OXMAN, R. (ed.) – *AD: The New Structuralism: Design, Engineering and Architectural Technologies*, Profile 206. London: John Wiley & Sons, 2010. pp. 14-23.
- PERRELLA, S. – Hypersurface Theory: Architecture >< Culture. In PERRELLA, S. (ed.) – *AD: Hypersurface Architecture*, Profile 133, Vol. 68 n. 5/6, London: Wiley-Academy, 1998. pp. 6-15.
- PERRELLA, S. – Electronic Baroque: Hypersurface II – Autopoiesis. In PERRELLA, S. (ed.) – *AD: Hypersurface Architecture II*, Profile 141, Vol. 69 n. 9/10, Chichester: Wiley-Academy, 1999. pp. 5-7.
- PERRELLA, S. e CARPENTER, R. – The Mobius House Study. In DI CRISTINA, G. (ed.) – *Architecture and Science*, Chichester: Wiley-Academy, 2001. pp. 158-159.
- POINCARÉ, H. – *Analysis Situs*, Journal de l'École Polytechnique, 1895. [Consult. 2016-10-20] Disponível em WWW:<URL:http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k4337198/f7.image
- POROS, J. – The Ruled Geometries of Marcel Breuer. In WILLIAMS, K. (ed.) – *Nexus VII: Architecture and Mathematics*, Turin: Kim Williams Books, 2008. pp. 233-242.
- POWELL, K. – Unfolding Folding. In LYNN, G. (ed.) – *AD: Folding in Architecture*, Revised Edition. Chichester: Wiley-Academy, 2004. (1993). pp. 23.
- RAJCHMAN, J. – Out of the Fold. In LYNN, G. (ed.) – *AD: Folding in Architecture*, Revised Edition. Chichester: Wiley-Academy, 2004. (1993). pp. 76-79.
- SAUNDERS, P. – Nonlinearity: What it is and why it matters. In DI CRISTINA, G. (ed.) – *Architecture and Science*, Chichester: Wiley-Academy, 2001. pp. 110-115.
- SOLÁ-MORALES, I. – Arquitectura Líquida. In FURTADO, G. e PÓVOAS, R. (ed.) – *Contemporary Architectural Challenges 08: Conception, Production and Performance*, Porto: FAUP Publicações, 2008. pp. 10-14.
- SOLÁ-MORALES, P. – Process and Architecture. In FURTADO, G. e PÓVOAS, R. (ed.) – *Contemporary Architectural Challenges 08: Conception, Production and Performance*, Porto: FAUP Publicações, 2008.
- SOUSA, J. – Tradição e Inovação no templo da Sagrada Família. In *Arquitetura e Vida*, Vol. 68, Fevereiro 2006. pp. 26-31.
- SPEAKS, M. – Folding toward a New Architecture. In CACHE, B. – *Earth Moves: The Furnishing of Territories*, Cambridge: the MIT Press, 1995. pp. xiii-xix.
- SPEAKS, M. – It's Out There... The Formal Limits of the American Avant-Garde. In DI CRISTINA, G. (ed.) – *Architecture and Science*, Chichester: Wiley-Academy, 2001. pp. 184-189.
- SPILLER, N. (ed.) – *Visionary Architecture: Blueprints of the Modern Imagination*, London: Thames & Hudson, 2006.
- SPILLER, N. – Digital Solipsism and The Paradox of the Great 'Forgetting'. In OXMAN, R. e OXMAN, R. (ed.) – *AD: The New Structuralism: Design, Engineering and Architectural Technologies*, Profile n° 206. London: John Wiley & Sons, 2010. pp. 130-134.
- SPUYBROEK, L. – Motor Geometry. In PERRELLA, S. (ed.) – *AD: Hypersurface Architecture*, Profile 133, Vol. 68 n. 5/6, London: Wiley-Academy, 1998. pp. 48-51.
- SPUYBROEK, L. – The Structure of Vagueness. In KOLAREVIC, B. e MALKAWI, A. (ed.) – *Performative Architecture – Beyond Instrumentality*, New York: Taylor & Francis, 2005. pp. 162-176.

- TAFURI, M. – Problems in the form of a Conclusion. In NESBITT, K. (ed.) – *Theorizing a New Agenda for Architecture: an anthology of architecture theory 1965-1995*, 1st ed. New York: Princeton Architectural Press, 1996. pp. 362-368.
- THOMPSON, D. – *On Growth and Form*, Abridged ed./John Bonner (ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 1992 (1961).
- VELOSO, E. – *Geometria: temas actuais – materiais para Professores*, Lisboa: I.I.E., 1998.
- VYZOVITI, S. – *Folding Architecture: Spatial, Structural and Organizational Diagrams*, Amsterdam: BIS Publishers, 2009.
- WEINSTOCK, M. – Morphogenesis and the Mathematics of Emergence. In HENSEL, M. *et al* (ed.) – *AD: Emergence: Morphogenetic Design Strategies*, Profile 169, Vol. 74 n. 3, London: Wiley-Academy, 2004. pp. 10-17.
- XAVIER, J. – *Perspectiva, Perspectiva Acelerada e Contraperspectiva*, Porto: FAUP Publicações, 1995.
- ZELLNER, P. (ed.) – *Hybrid Space: new forms in digital architecture*, Londres: Thames & Hudson, 1999.
- ZEVI, B. – *Saber Ver a Arquitectura*, 5ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

CRÉDITOS DE IMAGENS

Nota: Todas as imagens retiradas da Web, cuja data não é indicada, foram revisitadas no dia 24 de Agosto de 2018.

Separador de preâmbulo: M.C. Escher, *Relativity*, 1953.

Separador de capítulos: M.C. Escher, *Metamorphosis III*, 1967-68. (adaptado)

Capítulo I

fig. 1.1 (Xavier, 1995: 105)

fig. 1.2. 1. (Xavier, 1995: 44-46) (adaptado)
2. (Marrucci, 1987: 33)

fig. 1.3 (Xavier, 1998: 70-72)

fig. 1.4 (Kline, 1967: 453)

fig. 1.5 (Katz, 1998: 775)

fig. 1.6 (Kline, 1967: 467-468)

fig. 1.7 (Sousa, 2006: 28)

fig. 1.8. 1. [WWW:<URL:http://www.wikiwand.com/en/Gridshell](http://www.wikiwand.com/en/Gridshell)
2. [WWW:<URL:https://alchetron.com/Vladimir-Shukhov-1191545-W](https://alchetron.com/Vladimir-Shukhov-1191545-W)
3. [WWW:<URL:https://en.wikipedia.org/wiki/Shukhov_Rotunda](https://en.wikipedia.org/wiki/Shukhov_Rotunda)

fig. 1.9. 1. [WWW:<URL:http://www.archdaily.com/496202/ad-classics-los-manantiales-felix-candela](http://www.archdaily.com/496202/ad-classics-los-manantiales-felix-candela)
2. [WWW:<URL:http://www.archdaily.com/66828/ad-classics-twa-terminal-eero-saarinen](http://www.archdaily.com/66828/ad-classics-twa-terminal-eero-saarinen)

fig.1.10 [WWW:<URL:http://www.archdaily.com/157658/ad-classics-expo-58-philips-pavilion-le-corbusier-and-iannis-xenakis](http://www.archdaily.com/157658/ad-classics-expo-58-philips-pavilion-le-corbusier-and-iannis-xenakis)

fig. 1.11 (Hensel *et al*, 2004a: 20-24)

fig. 1.12. 1. [WWW:<URL:http://www.smdarq.net/blog/case-study-mannheim-multihalle/](http://www.smdarq.net/blog/case-study-mannheim-multihalle/)
2. (Hensel *et al*, 2004a: 18-21)

fig. 1.13 (Thompson, 1992: 290)

fig. 1.14 (Eaton, 1998: 30)

fig. 1.15. 1. [WWW:<URL:http://compo3t.blogspot.pt/2012/03/intervencion-en-el-cannaregio-venecia.html](http://compo3t.blogspot.pt/2012/03/intervencion-en-el-cannaregio-venecia.html)
2. [WWW:<URL:http://www.generativedesign.it/tesi/095/Grasselli/Differenz/Schizo/Schizo1.htm](http://www.generativedesign.it/tesi/095/Grasselli/Differenz/Schizo/Schizo1.htm)
3. *idem*

Capítulo II

fig. 2.1 [WWW:<URL:https://ojovemarquiteto.wordpress.com/2010/05/31/ron-eglash-e-os-fractais-africanos/](https://ojovemarquiteto.wordpress.com/2010/05/31/ron-eglash-e-os-fractais-africanos/)

fig. 2.2 (Diller e Scofidio, 1994:)

fig. 2.3 (Meserve, 1983: 292)

fig. 2.4 (Barr, 1989: 4); (Meserve, 1983: 298)

fig. 2.5 (Barr, 1989: 33-36)

fig. 2.6 (Barr, 1989: 64)

fig. 2.7 (Thompson, 1992: 294)

fig. 2.8 (Lynn, 1999: 28-29)

fig. 2.9 (Lynn, 1999: 21)

fig. 2.10 (Lynn, 1999: 21)

fig. 2.11 (Lynn, 1999: 24)

fig. 2.12 (Lynn, 1999: 31)

Capítulo III

fig. 3.1. 1. (Spiller, 2006: 213)

2. (Lynn, 2004b: 100-101)

fig. 3.2 [www.<URL:http://www.eisenmanarchitects.com/rebstockpark.html](http://www.eisenmanarchitects.com/rebstockpark.html)

fig. 3.3 (Lynn, 2004b: 96)

fig. 3.4. 1. [www.<URL:https://creators.vice.com/en_au/article/kbnc89/the-fathers-of-digital-architecture-are-reunited-in-a-new-exhibition](https://creators.vice.com/en_au/article/kbnc89/the-fathers-of-digital-architecture-are-reunited-in-a-new-exhibition)

2. [www.<URL:http://architecture.yale.edu/school/events/archaeology-digital](http://architecture.yale.edu/school/events/archaeology-digital)

fig. 3.5. 1. [www.<URL:http://www.archdaily.com/554132/ad-classics-yokohama-international-passenger-terminal-foreign-office-architects-foa](http://www.archdaily.com/554132/ad-classics-yokohama-international-passenger-terminal-foreign-office-architects-foa)

2. idem

3. http://predmet.f.a.uni-lj.si/siwinds/s2/u3/su3/s2_u3_su3_p3_1.htm

fig. 3.6. 1. [www.<URL:http://www.archdaily.com/554132/ad-classics-yokohama-international-passenger-terminal-foreign-office-architects-foa](http://www.archdaily.com/554132/ad-classics-yokohama-international-passenger-terminal-foreign-office-architects-foa)

2. idem

3. <https://divisare.com/projects/322288-foa-azpml-farshid-moussavi-architecture-rasmus-hjortshoj-yokohama-port-terminal>

fig. 3.7 (Spiller, 2006: 218)

fig. 3.8 (Rahim, 2000: 26-35)

fig. 3.9 (Lynn, 1999: 104-113)

fig. 3.10 (Lynn, 1999: 104-113)

fig. 3.11 [www.<URL:http://glform.com/buildings/port-authority-triple-bridge-gateway-competition/](http://glform.com/buildings/port-authority-triple-bridge-gateway-competition/)

fig. 3.12 (Spiller, 2006: 51)

fig. 3.13. 1. [www.<URL:https://www.kajima.co.jp/gallery/chronopolis/en/min/min02.html](https://www.kajima.co.jp/gallery/chronopolis/en/min/min02.html)

2. idem

3. [www.<URL:http://www.mat.ucsb.edu/res_proj5.php](http://www.mat.ucsb.edu/res_proj5.php)

fig. 3.14 (Spuybroek, 1998: 51)

fig. 3.15 (Zellner, 1999: 118-121)

fig. 3.16 (Goulthorpe, 1999: 60-61)

fig. 3.17 (Oosterhuis, 2003: 84)

fig. 3.18. 1. (Oosterhuis, 2003: 43)

2. [www.<URL:http://www.onl.eu/projects/nsa-exhibition-pompidou](http://www.onl.eu/projects/nsa-exhibition-pompidou)

fig. 3.19 (Hensel *et al.*, 2004b: 42-44)

fig. 3.20 (Hensel *et al.*, 2004b: 86-87)

fig. 3.21 (Menges e Reichert, 2015: 68-69)

fig. 3.22 <http://www.archdaily.com/424911/hygroskin-meteorosensitive-pavilion-achim-menges-architect-in-collaboration-with-oliver-david-krieg-and-steffen-reichert>

fig. 3.23 (Menges e Reichert, 2015: 72-73)

fig. 3.24 Idem

