

FRACTANDO CONCEITOS DO URBANISMO NA ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA

Manifestações da ciência da complexidade no processo projetual de Peter Eisenman.

Resumo

As evoluções do campo da ciência a partir da segunda metade do século XX surgem como um momento de repercussão das transformações significativas na área do conhecimento, da tecnologia e das artes, onde tal mudança altera a visão de mundo anterior apoiada nos princípios do racionalismo onde novos conceitos surgem como possibilidade no pensamento, desencadeando através de um processo inovador o entrelaçamento entre as ciências naturais e sociais, representando essas interações por meios de processos ecológicos, relatando assim a capacidade auto-organizável no entendimento do fenômeno urbano como um sistema complexo adaptativo. Nesse caminho, esse trabalho busca a compreensão de tais conceitos, permeados através da evolução dos processos projetuais em arquitetura a partir do desenvolvimento da tecnologia, referenciados e elucidados através da obra do arquiteto americano Peter Eisenman, demonstrando a utilização desse entrelaçamento entre as teorias da complexidade e suas aplicações na arquitetura.

Palavras-Chave: Teoria da complexidade, caos, fractais, arquitetura, Peter Eisenman.

Abstract

Developments in the field of science from the second half of the twentieth century appears as a moment of impact of significant changes in knowledge, technology and the arts, where such change alters the previous worldview supported the principles of rationalism where new concepts emerge as a possibility in mind, triggering through an innovative blending of the natural and social sciences, accounting for these interactions by means of ecological processes, reporting thus self-organizing capacity in the understanding of the urban phenomenon as a complex adaptive system. In this way, this work seeks to understand these concepts, permeated through the evolution of processes about design in architecture from the development of technology, referenced and clarified through the work of American architect Peter Eisenman, demonstrating the use of such a relationship between the theories of complexity and their applications in architecture.

Keywords: Complexity Theory, chaos, fractals, architecture, Peter Eisenman.

Resumen

Los avances en el campo de la ciencia de la segunda mitad del siglo XX aparece como un momento de impacto de los cambios significativos en el conocimiento, la tecnología y las artes, cuando tal cambio altera la visión del mundo anterior, apoyamos los principios del racionalismo, donde nuevas conceptos surgen como una posibilidad en la mente, lo que provocó a través de una combinación innovadora de las ciencias naturales y sociales, lo que representa para estas interacciones a través de los procesos ecológicos, la presentación de informes tanto, la capacidad de auto-organización en la comprensión del fenómeno urbano como un sistema adaptativo complejo. De esta manera, este trabajo trata de entender estos conceptos, penetra a través de la evolución de los procesos de diseño en la arquitectura del desarrollo de La tecnología, la referencia y aclaró a través de la obra de lo arquitecto americano Peter Eisenman, lo que demuestra el uso de una relación entre las teorías de la complejidad y sus aplicaciones en la arquitectura.

Palabras clave: teoría de complejidad, el caos, fractales, arquitectura, Peter Eisenman.

1 Introdução sobre sistemas complexos

Na evolução histórica dos processos das ciências naturais, a segunda metade do século XVIII e a primeira metade do XIX representam um momento de amplitude do conhecimento, com o surgimento de estudos acerca da anatomia comparativa e taxonomia zoológica, além do aprofundamento das idéias evolucionistas. (GRILLO, 2007)

A partir de tais explorações, acerca dos procedimentos naturais, percebe-se claramente a transposição de conceitos biológicos a partir das Ciências Naturais para diferentes domínios do conhecimento, ressonando na filosofia das artes e estética, assim como nas disciplinas práticas e técnicas (GRILLO, 2007). Para COLLINS de 1750 até 1900 os conceitos biológicos passaram a ser freqüentes nas estratégias de invenção e interpretação da arquitetura, de maneira variada e mutante.ⁱ

LACOMBE (2006) descreve a continuidade das evoluções lembrando a segunda metade do século XX como o momento de repercussão das transformações significativas nos campos da ciência, da tecnologia e da arte, onde tal mudança altera a visão de mundo anterior calcada nos princípios do racionalismo que tem origem na cultura clássica.

Estas mudanças no modo de encarar tal pensamento é assunto de discussão até os dias atuais. As proezas científicas do início do século XX, como a teoria da relatividade e a mecânica quântica, ainda estavam filiadas à tradição clássica, apesar de seu caráter revolucionário.

A estabilidade e a determinação da visão clássica do mundo cedem lugar à percepção da complexidade das relações, incorrendo em organizações sistêmicas, abertas ao reconhecimento da ocorrência de processos indeterminados e irreversíveis. (LACOMBE, 2006, p.09)

Novos conceitos surgem como possibilidade no pensamento, como por exemplo, o conceito de caos, onde desconcerta a tradição clássica a partir de considerações feitas por estudos nos anos 50 como a instabilidade de partículas e a evolução do universo, sugerindo então que diversos campos do conhecimento se interligassem, criando assim uma nova metodologia. (PRIGOGINE & STENGERS, 1992 in LACOMBE, 2006)

Segundo Constantinou (2007, p.64), é inegável o surgimento de uma nova visão da cidade com o advento da teoria Ecológica, mesmo sem negar as críticas relacionadas a tal teoria, como a incapacidade de analisar os aspectos culturais (EUFRÁSIO 1999), mas desencadeando através de um processo inovador o entrelaçamento entre as ciências naturais e sociais, representando as interações sociais por meios de processos ecológicos, relatando assim a capacidade auto-organizável no entendimento do fenômeno urbano como um sistema complexo adaptativo.

A teoria da complexidade teve sua ênfase em todas as disciplinas científicas, especialmente no Século XXI (BATTY & TORRENS, 2005). Seu objetivo geral é definir algumas propriedades gerais dos sistemas complexos envolvidos. Ela é aplicada em várias disciplinas e os resultados variam entre todas. Seu progresso pode fornecer idéias inovadoras, mas também novas necessidades de investigação, desenvolvimento e aplicação.

O crescimento urbano é em essência um subsistema complexo, que envolve diversos intérpretes com diferentes padrões de comportamento em várias escalas espaciais e temporais. Centra-se na compreensão das interações dinâmicas entre os ambientes socioeconômicos, natural e construído. (BATTY, 2008)

Segundo Bauer (1999, p. 19) pode-se conceituar complexidade como a:

"[...] impossibilidade de se chegar a qualquer conhecimento "completo". A complexidade não traz, de acordo com tal entendimento, certezas àquilo que é incerto, mas, proporciona, a partir do reconhecimento da incerteza, a possibilidade de dialogar com ela. (BAUER, 1999)

A ciência da complexidade está reescrevendo a nova teoria dos sistemas gerais, porém, ainda fundada sobre os rudimentos de estruturas compostas de elementos, agora frequentemente chamados atores ou agentes, ligados através de interações que determinam os processos de

comportamento que mantém o sistema em equilíbrio e/ou movê-lo para novos estados. (BATTY, 2008),

O que aborda a ciência da complexidade são os sistemas naturais dinâmicos, também nomeados caóticos, e de seus processos de transformação, em especial do fenômeno da auto-organização.

“As conexões entre os muitos elementos diferentes que compõem este sistema complexo permitem que a cidade desenvolva propriedades diferentes às dos seus elementos, em um processo de emergência que em certos casos manifesta uma auto-organização.” (LAMB, 2006, p.60)

Para alguns o debate destes sistemas ainda é a investigação principal, mas recentemente tem sido mais fortemente centrada em noções de como os sistemas reagem uns aos outros através do tempo, onde o centro não é mais a noção de um equilíbrio imutável suportados por tais *feedbacks*, a *realimentação* agora é amplamente vista como a forma que estas estruturas evoluem para novos estados. (BATTY, 2008)

A percepção de que os sistemas não podem ser entendidos pela apreciação de que, a compreensão do todo pode ser obtida através da análise das partes, devido que as propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendidas apenas a partir da organização do todo, onde o pensamento sistêmico concentra-se, não em blocos de construção básicos, mas em princípios de organização básicos, denotando com isso a análise de isolar determinado acontecimento a fim de entendê-lo, ou seja, colocá-lo no contexto de um todo mais amplo. (CAPRA, 1996)

Um sistema é ditado complexo quando suas propriedades não são uma consequência natural de seus elementos constituintes vistos isoladamente. As propriedades emergentes de um sistema complexo decorrem em grande parte da relação não-linear entre as partes.

“à primeira vista, é um fenômeno quantitativo, a extrema quantidade de interações e de interferências entre um número muito grande de unidades. Mas a complexidade não compreende apenas quantidades de unidades e interações que desafiam as nossas possibilidades de cálculos; compreende também incertezas, indeterminações, fenômenos aleatórios.” (MORIN, 1991, p. 42-43).

É observada a relação entre o termo complexidade como sinônimo de caos e desordem, porém somente a noção destes conceitos não compreenderia a complexidade sem também entender o conceito de ordem. (PALLAZO, 1998)

“A Complexidade Teoria da Complexidade, demonstra que mesmo sendo imprevisível, existe uma ordem ou uma organização intrínseca dentro dos comportamentos aparentemente caóticos...” (LAMB, 2006, p.01).

Para compreender um sistema baseado em ordem, podemos nos remeter a estruturas simétricas, onde tal propriedade é definida pela invariância sob um conjunto de alterações e transformações, o que conclui que um sistema ordenado baseia-se na sua previsibilidade, seja ela espacial ou temporal, esbaldando que o sistema é redundante já que não é necessário o conhecê-lo por completo para prever sua estrutura ou reconstituí-lo, ou seja, é invariável sob alguma possível mudança.(BAK, CHAO, & WIESENFELD, 1998).

Do lado oposto, como esperado, a desordem é caracterizada pela ausência de invariância, ou seja, nenhuma transformação faria resultado ou efeito distinguível no sistema, onde possivelmente seja plausível afirmar que a complexidade acometida como tema, seja um sistema complexo e, portanto composto de outros temas correlacionados tais como ordem, desordem, caos; comportamento dinâmico; interação local; dinâmica não-linear; grande número de componentes independentes; emergência, entre outros. (PALLAZO, 1998).

2 Sand pile

Uma afirmação que pode ser realizada sobre os sistemas críticos é que geralmente são sistemas instáveis. Um sistema é "crítico" se estiver em transição entre duas fases, por exemplo, a água, onde exatamente no seu ponto de congelamento é um sistema crítico, pois para manter a água em um estado parcialmente congelado requer um controle ativo da temperatura, e se o sistema é deixado perto da temperatura crítica, qualquer desvio de pequeno porte tendem a mover o sistema de uma fase para outra. (BAK, CHAO, & WIESENFELD, 1998).

Outro modelo conceitual que pode explicar tal instabilidade é construir uma pilha de areia pela lenta adição de partículas. No exemplo da pilha de areia, tal como os grãos de areia são lançados e o monte de areia cresce, a estrutura da pilha atinge um estado crítico e de tal forma que uma queda adicional de grãos pode desencadear uma escala de uma grande avalanche que reestrutura a pilha para um novo estado de criticalidade auto-organizada.

Eventualmente é atingido o estado estacionário, na quais avalanches de todos os tamanhos podem ocorrer, onde o comprimento de correlação é infinito em analogia com o termo de equilíbrio de sistemas dinâmicos. O estado é "crítico", onde também é auto-organizado, porque nenhuma adequação fina dos campos externos será necessária para levar o sistema ao estado crítico: a criticalidade é inevitável. (PORTUGALI, 2000)

“Comparado as "grandes" teorias da auto-organização como estruturas dissipativas e sinérgicas, a teoria da auto-criticalidade organizada é mais específica e, portanto, limitada, mas ao mesmo tempo mais detalhada. É um tipo

de um *zoom - in* para a dinâmica interna de sistemas auto-organizados em seus períodos de estado estacionário - quando o sistema é controlado por aquilo que é chamado de sinergia em parâmetros de ordem: dado um parâmetro de controle - Como os grãos de areia - para além de certo limite crítico, o sistema é controlado por um parâmetro de certa ordem, que no exemplo canônico acima pode ser descrito pela ladeira do monte de areia. A parte interessante da teoria começa aqui: ela mostra como é complexa e rica na dinâmica interna de uma situação de que um estado estacionário pode ser." (PORTUGALI, 2000, p.69)

Uma grande variedade de sistemas críticos demonstra determinados comportamentos comuns, como a distribuições de algumas grandezas físicas, por exemplo, na água gelada a distribuição de tamanhos de cristal é caracterizada por uma lei de potência, um segundo comportamento seria a geometria fractal, onde o congelamento da água tende a desenvolver padrões fractais - o exemplo máximo é um floco de neve, o que demonstra que fractais são caracterizados por auto-similaridade, isto é, elementos do modelo em escala assemelham-se a cópias num espaço de tempo. (BAK, CHAO, & WIESENFELD, 1998)

O modelo de *Sand-Pile* segue uma lei de potência que distribui os tamanhos da avalanche, que apresenta maior variância da distribuição de areia lançadas, e que pode ser remetido aos estudos urbanos onde mudanças qualitativas na paisagem urbana podem ser elucidadas pelo surgimento e crescimento dos centros urbanos até que um limite é atingido, neste ponto a estrutura urbana pode "virar" em um estado completamente diferente, indicando a existência de uma transição de fase. (ALBERTI, 2008, p.33)

O agente imediato de uma avalanche, no modelo do monte de areia, é um grão, mas tal grão é o que faz com que seja gerada uma grande avalanche, e é idêntico a qualquer outro grão, por isso não oferece nenhuma explicação especial. A causa final de uma grande avalanche é a estrutura e dinâmica dos sistemas como um todo: grandes avalanches ocorrem porque é uma propriedade do sistema. (PORTUGALI, 2000)

Segundo um grupo de estudiosos, muitos acontecimentos sociais, incluindo guerras, revoluções, epidemias, as invenções e os ataques terroristas, são caracterizados por distribuições de *long-tailed* (cauda longa) ⁱⁱ, onde a razão para estas distribuições é que os sistemas sociais são críticos, o que sugere que os grandes acontecimentos históricos podem ser fundamentalmente imprevisíveis e inexplicáveis. (BAK, CHAO, & WIESENFELD, 1998)

Embora o conceito de monte de areia venha sendo debatido a mais de trinta anos, a ênfase empírica de suas aplicações na ecologia e na economia começou a surgir apenas recentemente. Cientistas de ecologia e economia têm demonstrado que comportamentos macroscópicos das florestas e dos

sistemas de cidades exibem a escala espacial e temporal, como característica de invariância de tais sistemas. (Holling e Gunderson 2002 in ALBERTI, 2008)

Apesar de o tema ter sido aplicado em várias disciplinas para explicar o desempenho de sistemas diferentes, só recentemente os cientistas colocam a criticalidade auto-organizada, como meio de compreensão humana acoplada sistemas naturais e de maneira a explicar como os seres humanos se adaptam às alterações ambientais (Holling e Gunderson 2002 in ALBERTI, 2008)

3 Sistemas complexos, teoria do caos e fractais.

No conjunto dos sistemas complexos, destacam-se algumas teorias, em especial para este relato a Teoria do Caos, que aborda matematicamente os aspectos referentes à predição dos sistemas caóticos, como a das Catástrofes, dos Fractais e a *FuzziLogic* e as várias teorias da Auto-organização, mais diretamente vinculadas à físico-química e a biologia.

A Teoria do Caos, os sistemas auto-reguláveis e a dinâmica não-linear: “entendem que as formas do futuro tenderão a reproduzir a natureza [...] baseando-se agora nas formas invisíveis reveladas pela teoria quântica, pelos fractais, etc.” (MAGALHÃES, 2001, p. 250) e (des) orientados pelo acaso, atribuindo a eles instabilidade e uma grande imprevisibilidade no processo evolutivo.

“é o tecido de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem o nosso mundo fenomenal.” (MORIN, 1991, p. 18)

Consolidam-se significativos conceitos na Teoria do Caos, resultantes da Teoria da Relatividade e da Física Quântica, e arrecadam força os conceitos de não-linearidadeⁱⁱⁱ e acaso, bem como indeterminismo, imprevisibilidade e probabilidade, além de alastrar considerações sobre sensibilidade às condições iniciais e de atratores^{iv} estranhos. (GRILLO, 2007)

Já as teorias da Auto-organização acrescentam a estes os conceitos de não-equilíbrio, criatividade, propriedades emergentes, irreversibilidade, além do de auto-organização. Outras teorias da Complexidade ainda aportam às noções de auto-semelhança, dobras, e outras. A maioria destes conceitos se inter-relacionam de maneira muito direta, configurando explicações de distintos aspectos ou etapas dos fenômenos relacionados à dinâmica dos sistemas complexos. (GRILLO, 2007, p.13)

As teorias da Auto-organização nos elucidam ainda o surgimento da evolução de um sistema rumo a uma forma organizada na deficiência de condicionantes externos, onde é a oscilação de uma ampla região do espaço de estados, para outra menor, pré-determinada e constante, através da

manifestação de padrões ao longo do tempo ou do espaço para o incerto, previamente independente, operando sob regras locais. (PALLAZO, 1998)

“é todo o fenômeno que, em relação ao sistema considerado, parece obedecer ao acaso e não ao determinismo do sistema, tudo aquilo que não obedece à estrita aplicação mecânica das forças segundo os esquemas pré-fixados da organização.” (MORIN, 1973, p. 112)

A base destes conceitos, originariamente matemáticos, possuía algo em comum aos fractais, principalmente por conterem noções infinitas essenciais, de certo modo eram iguais a si quando ampliados. Isto se deve ao matemático, Poincaré que foi possivelmente o primeiro a abarcar e a divulgar a noção de Caos.

O termo fractal é um conceito geométrico relacionado, mas não é sinônimo de caos. Um fractal é um objeto composto de subunidades (e subunidades) que se assemelham a estrutura em uma escala maior, uma propriedade conhecida como auto-similaridade (PETERS, 1994).

As formas euclidianas, até então estudadas a esmo, não eram suficientes para desvendar as geometrias existentes na natureza, onde emergem as superfícies desiguais, onde a mensura era quase impraticável. É onde surge o desenvolvimento da geometria fractal, que busca desvendar os fenômenos não reconhecíveis até o momento pelos conceitos existentes, onde até então este desconhecido era imprevisível, aleatório e caótico.

Podemos então definir que um fractal é um elemento que não perde a sua definição formal à medida que é ampliado, sustentando a sua estrutura idêntica à original, e que em um exemplo oposto, seria ampliar uma circunferência, que vai parecer perder sua forma na medida em que nos aproximamos de uma de suas partes, além de sua complexidade infinita.

“Os fractais são formas geométricas que repetem sua estrutura em escalas cada vez menores” (STEWART, 1996, p. 12).

Apesar, de esta ciência atrair pesquisadores já há algum tempo, esse tema só alcançou desenvolvimento pleno a partir da década de 60, com o auxílio da computação. O pioneiro da utilização da técnica de fractais foi Benoît Mandelbrot, matemático polonês, educado na França, que já vinha analisando tais figuras. Foi Mandelbrot quem cunhou o termo fractal, e também responsável por um dos fractais mais notórios, o conjunto de Mandelbrot (Figura 1). (FERNANDES, 2007)

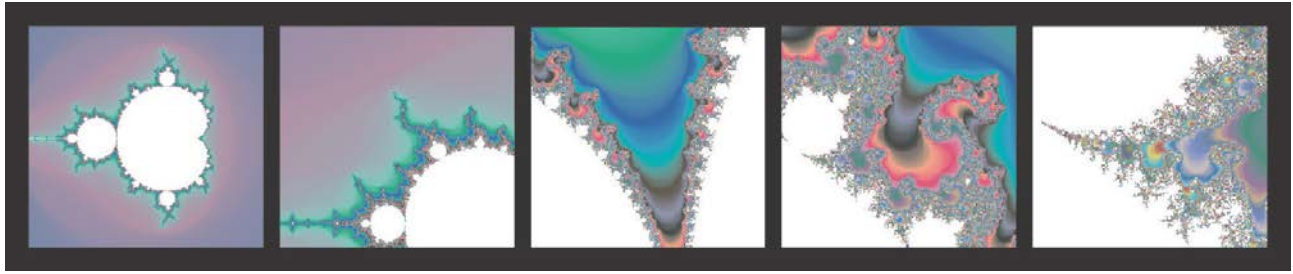


Figura 1 - Seqüência de ampliações do conjunto de Mandelbrot

Fonte: http://www.daviddarling.info/encyclopedia/M/Mandelbrot_set.html

A complexidade infinita é motivada, devido que, processos geradores dos fractais são processos recursivos obtidos através de um número infinito de iterações. Já ao contrário, acontece na geometria euclidiana. A dimensão dos fractais, não se baseia em números inteiros, portanto ele é uma quantidade fracionária donde parte o nome que advêm do latim *fractus* (fração).

A esta característica, determinadas pelo modo como o fractal é formado ou gerado, surgem duas categorias de fractais: os fractais geométricos, e os fractais aleatórios. A auto-semelhança é a simetria através das escalas, onde incide que cada pequena amostra do fractal poder ser observada como uma cópia fiel de todo o fractal numa menor escala.

Os geométricos, que repetem continuamente um padrão, possuem auto-semelhança exata, isto é, têm sempre o mesmo aspecto visual independentemente da escala a que os observamos, porque o todo é exatamente igual à ampliação de uma das partes tendo como exemplo o floco de neve de Koch.

Já os aleatórios, são processos randômicos ao invés de determinísticos, onde cada fenômeno é rigorosamente dependente dos que o antecederam e dos quais, é decorrência. Chamados também de fractais naturais, um exemplo desse tipo é o relâmpago, os terrenos fractais e o vôo de Lévy.

Além do processo de formação, os fractais também podem ser classificados de acordo com sua auto-similaridade, e então temos basicamente três divisões: auto-similaridade exata, quase auto-similaridade e auto-similaridade estatística.

Basicamente na auto-similaridade exata o fractal é idêntico em escalas distintas, onde são gerados por sistemas de funções interativas. No que tange a quase-auto-similaridade o processo aparenta ser quase (mas não exatamente) idêntico em escalas distintas e tem como característica conter pequenas cópias do fractal inteiro de caráter alterado ou degenerado. Já os fractais definidos como auto-similaridade-estatística possuem medidas numéricas ou estatísticas que são conservadas em distintas escalas. (FERNANDES, 2007)

4 Aproximação das teorias da auto-organização, à ciência urbana e arquitetura.

Assim como na ciência, a arquitetura passa por uma evolução nos seus conceitos quanto à cidade, a crise e as críticas a cidade “moderna” (ASCHER, 2004) onde delineia uma mudança no mundo, com mutações, onde existe a necessidade de produzir novos conceitos, pensar a partir de novas hipóteses, tanto no que tange a produção como a gestão desses novos espaços.

Os estudos urbanos foram desmembrados em dois campos disciplinares diferentes a partir dos anos 70, o quantitativo com uma abordagem positivista, uma ciência regional, onde lida com a influência das ciências exatas e das abordagens científicas, e o lado qualitativo, através de uma abordagem estruturalista (Marxista e Humanista), onde trás a ênfase na geografia social, dominado pelas teorias sociológicas e filosóficas e abordagens hermenêuticas (interpretativas). (PORTUGALI, 2000)

Entre esses dois campos, a auto-organização, com seus conceitos, surge como um mecanismo de aproximação entre áreas distintas, com um corpo metodológico capaz de capturar esta nova complexidade urbana espacial da cidade contemporânea.

“não que a partir de agora, os dois discursos se tornarão uma nova e inseparável entidade, porém os dois lados vão reconhecer, para além das diferenças, que existe uma grande base comum” (PORTUGALI, 2000, p.03)

As teorias já abordadas aqui neste trabalho, no âmbito das teorias da complexidade, em foco a auto-organização, aproximam áreas divergentes, como arquitetura e biologia, fazendo com que o ponto em questão se direcione para o homem, para a percepção e o questionamento do espaço.

Através das percepções, as novas teorias, diferente da visão clássica, aludem pesquisas que são dotadas pela complexidade das relações, incidindo em processos sistêmicos, onde se permite aceitar a ocorrência de processos vagos e irreversíveis. (LACOMBE, 2006).

Segundo Morin (1973, p. 23) a cidade é capaz de regenerar, reconstituir, reproduzir, os elementos que se degradam, isto é, pode auto-reconstituir, onde, é eventualmente capaz de funcionar apesar da deturpação local; onde é capaz de realizar os seus fins com os recursos que o acaso lhe proporciona.

A singularidade da arquitetura contemporânea está na compreensão da complexidade relacional e dialógica das várias instâncias imprevisíveis que decorrem da vivência da cidade. (LACOMBE, 2006, p.01)

A cidade então passa a ser considerada um processo dinâmico de tempo-espaço, onde se identificam um conjunto de imagens caóticas. As alterações surgem como um palimpsesto (DI MÉO, 1998 in GAMALHO & HEIDRICH, 2008), isto é, a história é escrita e reescrita em cima uma das outros, como

num antigo pergaminho. Ou também, através de suas rugosidades (SANTOS, 2002 in GAMALHO & HEIDRICH, 2008), onde a vivência de um mundo em constante transformação nos remete a conceitos mais profundos como uma estrutura dobrada.^v

“As conexões entre os muitos elementos diferentes que compõem este sistema complexo permitem que a cidade desenvolva propriedades diferentes às dos seus elementos, em um processo de emergência que em certos casos manifesta uma auto-organização.” (LAMB, 2006, p.60)

A primeira ligação "oficial" estabelecida entre a Arquitetura e Geometria Fractal, surge do próprio Mandelbrot, onde em sua introdução “A Geometria Fractal da Natureza”, de 1982, sugere que ao contrário da arquitetura de Mies van der Rohe, com base na geometria euclidiana, muitas construções do período de BeauxArts mostram aspectos fractais.(OSTWALD, 2001)

Grandes obras arquitetônicas do passado e até mesmo a arquitetura vernácula possuem semelhanças essenciais da matemática, onde uma destas semelhanças é uma estrutura fractal: existe alguma estrutura observável em todos os níveis de ampliação, e os diferentes níveis de escala são intimamente interligados pelo projeto.Diferente é o caso dos edifícios modernistas, onde não possuem atributos fractais, isto é, não só existem muito poucas escalas e escalas diferentes, mas a forma não está ligada a forma alguma.(SALINGAROS, 2001)

Uma das figuras importantes que mostram a mudança do paradigma da cidade moderna é Jane Jacobs, em seu livro “Morte e vida nas grandes cidades americanas” onde considera que o modelo de urbanismo modernista aniquila a complexidade da cidade (LAMB, 2006) e que a forma mecanicista em que as cidades foram concebidas e planejadas era inteiramente avessa à heterogeneidade que compunham as cidades vibrantes, culpando o urbanismo pós-guerra e a arquitetura moderna de matar a diversidade que caracteriza a vida urbana. (Batty, 2007)

Jacobs apresenta uma alternativa para a cidade moderna, através da reconstrução de um sistema complexo, possibilitando a autopoiese^{vi}, o processo de auto-sustentação e regeneração contínua através de destruição e transformação que os organismos vivos e outros sistemas complexos manifestam. (LAMB, 2006)

Acerca de 20 anos Christopher Alexander também publicou uma obra influente intitulada “*New Theory of Urban Design*” (1987), onde nela o arquiteto procura restabelecer os processos pelos quais as cidades se desenvolvem organicamente.

"não é um sentimento vago de relação com as formas biológicas.Não é uma analogia. [...] isto é, cada uma dessas cidades cresceu como um todo, sob suas

próprias leis de totalidade "(Alexander, C., Neis, H., Anninou, A. and King, I. , 1987, p. 1).

Alexander então propõe um método através da “lei da plenitude”, pela qual pode abarcar um contexto contemporâneo e não de um tipo convencional de plano mestre (arquitetura moderna), mas através de um processo que envolve a colaboração seqüencial de uma série de participantes.

A partir disto, esta “nova teoria” inovou a idéia de desenho urbano, deixando de ser um ato imposto de planejamento, mas como confirmação de que este método deve ser uma resposta a evolução contínua a um ambiente complexo de condições urbanas. (MEHAFFY, 2008)

“Assim que percebermos que somos conectados a estruturas fractais, iremos apreciar mais uma árvore do que um cubo de vidro.” (SALINGAROS, 2000)

Para alguns autores os arquitetos e urbanistas devem entender quais são os atributos fractais; a complexa conectividade de um tecido urbano vivo; métodos de conectar e reparar o espaço urbano; uma maneira eficaz para a rede de pedestres, automóveis e transportes públicos (SALINGAROS, 2001) pensados a partir de considerações de encarar os padrões urbanos como fractais, o que enfatiza as ligações entre suas hierarquias e microestruturas (BATTY & LONGLEY, 1994)

Se olharmos uma cidade de sucesso, a partir do ar, o que vemos é obviamente uma figura fractal (Batty e Longley, 1994).

5 Conceitos na da Teoria da complexidade na metodologia projetual, através do auxilio do computador

A mudança na maneira de interpretar e conceber elementos arquitetônicos originou-se a partir das contribuições sobre o conhecimento da natureza e dos homens, em que as analogias biológicas com a adaptação funcional, originadas a partir de estudo acerca da Ciência da Complexidade, formam um processo fundamental para a transgressão dos estilos históricos. (GRILLO, 2007)

Ainda para Grillo (2007) outro ponto favorável a esta nova visão sobre os conceitos da natureza e o surgimento de formas, foi que tais analogias serviram como justificativa e oportunidade na maneira de se conceber novas formas e espaços.

Então com a tradução destas novas formulações, onde vemos que a complexidade está na emaranhada relação entre o local e o global, onde a informação acelera o processo e os padrões que transformam as relações sociais, a tecnologia se faz presente, mudando as conexões do homem com o espaço. (GAMALHO & HEIDRICH, 2008)

A teoria do caos e da ciência da complexidade exploradas através da simulação por computadores indicam como a matéria é a própria vida, aparentemente, com a possibilidade de sintetizar elementos simples em sistemas organizacionais simples com o complexo e características comportamentais, onde esta é uma guerra conceitual do pensamento, que se acumula em vez de repartir-se, reconhecendo a interdependência ao invés de independência. (RITCHIE, 1994)

"O mundo que nos cerca é caótico, mas podemos tentar limitá-lo no computador. A geometria fractal é uma imagem muito versátil que nos ajuda a lidar com os fenômenos caóticos e imprevisíveis." Benoit Mandelbrot

As tentativas de usufruir desta tecnologia embarcaram na arquitetura desde os anos 60, onde havia a busca pela descrição do processo projetual de maneira lógica e ordenada, com a tentativa de ampliar a eficiência, tanto na qualidade de projetos como no modo colaborativo de desenvolvê-los, buscando uma alusão do processo projetual aliado a computação, porém autores denotam que este uso restringe-se a utilização como ferramenta de esquema e não de processo projetual.

Pesquisadores, desde o desenvolvimento dos métodos da década 60, buscam várias iniciativas de descrever o processo de projeto, de maneira lógica e ordenada, sempre objetivando aumentar a qualidade dos projetos de arquitetura e a eficiência do trabalho colaborativo, além de possibilitar a efetivação do processo de projeto no computador (CELANI, 2002). Entretanto, embora a utilização do computador esteja cada vez mais presente nas etapas de esquematizar, modelar e programar os projetos de arquitetura, o uso do computador como ferramenta para criação de conceitos e métodos computacionais aplicados a geração de projeto raramente são explicitados ou utilizados no processo concepção.

Como uma possível defesa a simplificação do uso potencial da computação para a criação projetual pode ser a visão simplificada que muitos arquitetos possuem em relação ao uso de ferramentas do tipo CAD (CELANI, 2002). O que também se tornou senso comum foi a confusão entre alguns termos, como o de "*computerization*", como um trabalho resultante da computação em seu sentido mais exato e que na verdade sim, quer dizer a respeito da utilização de procedimentos lógico-matemáticos na solução de problemas onde buscam um procedimento que envolva o raciocínio, a lógica e algoritmos, além de estruturas mentais, cognição e simulação de regras baseadas na inteligência. (TERZIDIS, 2006)

A ferramenta como suporte a concepção, pode ser exemplificada através de dois tipos de usuários (ainda nos dias atuais poucos escritórios no mundo utilizam estes processos), onde um primeiro tipo adapta aplicativos desenvolvidos pela indústria aeroespacial para definir muitos dos problemas geométricos e construtivos de uma arquitetura que busca uma fluidez formal complexa (Frank Gehry),

o outro exemplo seria o de Peter Eisenman, com a utilização dos computadores como um tipo de “caixa de surpresas” (BARKI, 2000), aproximando-o de processos um tanto aleatórios, de “*design by accident*”.(GALOFARO, 1999)

6 A aproximação entre a Ciência da complexada e seu uso na arquitetura através de exemplos da obra de Peter Eisenman

A tendência descrita como um processo de “*design by accident*”.(GALOFARO, 1999) onde se pode argumentar a perda do controle sobre o processo projetual, e pode ser caracteriza-se pela abdicação, parcial ou total, por parte do arquiteto, de ter o supremo controle sobre projeto, rejeitando assim trabalhar em um processo no qual teria o poder de controlar todas as variáveis envolvidas.

Ao perderem o controle sobre o processo projetual, os arquitetos favorecem a autonomia do objeto e de algum modo ainda estão focados no objeto no antigo molde renascentista. Alguns exemplos dessa tendência são, dentre outros: Coop Himmelblau, Peter Eisenman, Karl Chu e John e Julia Frazer. Coop Himmelblau tenta explorar em seus projetos as implicações do inconsciente. Um dos procedimentos usados por ele é o de esboçar com os olhos fechados e, só depois, encontrar alguma ordem nos desenhos caóticos. O objeto arquitetônico resultante é normalmente complexo, fragmentado e com formas inesperadas (CARVALHO, 2004, p. 32)

Peter Eisenman junto a Chris Yessios (Yessios 1987) foram os precursores a escrever sobre o uso de fractais e da geometria fractal na arquitetura, descrevendo de forma que, computadores podem ser introduzidos no processo de projeto arquitetônico como um explorador e gerador de formas arquitetônicas, através da geometria fractal, adornos e processos biológicos DNA / RNA como geradores de tal geometria.

“O fractal é empregado na teoria e na prática de arquitetura, tanto como formas de análise de estilos arquitetônicos quanto o ponto de partida para obras criativas como no caso de Eisenman.” (Lamb, 2006, p. 73)

Segundo LACOMBE (2007) evidentemente, Eisenman exerce papel preponderante nessa “toada” da utilização dos conceitos da ciência da complexidade.

Norte americano de New Jersey, do ano de 1932, Peter Eisenman (Figura 2), é um arquiteto que se difere, dentre outras coisas, por sua formação, quando em 1963 fez seu doutorado fora da área da arquitetura, obtendo formação na área da filosofia, na época então, analisando as Bases Formais da Arquitetura Moderna^{vii}.

Difere-se também pelo seu experimentalismo, que preconiza através de seu discurso vanguardista, onde vincula uma arquitetura que deve ser livre de valores externos, com seu falar independente, de construção abstrata e “atópica”, com a idéia de arquitetura como "escrita", em oposição à arquitetura como “imagem”.



Figura 2 – Obras de Peter Eisenman

Fonte: Eisenman Architects: Selected and Current Works (2002)

Ao que indica Peter Eisenman utiliza e identifica o computador como um instrumento que consente ao projeto surgir com suas próprias regras, usando formas geradas pelo computador como ponto de partida da projeção. Tal posicionamento muito se pode relacionar a grande porcentagem dos arquitetos denominados de ‘desconstrutivistas’, onde sempre, ele como ícone deste movimento, continua a procurar por novas formas que questionem o espaço cartesiano. (CARVALHO, 2004, p. 32)

Nos seus projetos, Eisenman, faz uso do que ele chama de “dissimulação” tratando da diferença entre real e ilusão, o que resulta numa camuflagem bastante característica, radical e perturbadora como resultado formal (GALOFARO, 1999).

Abandonando a racionalidade da geometria euclidiana destorcendo a perspectiva, confundindo o espectador numa estrutura quase ilógica, os projetos, têm como mote provocar, de modo que a edificação apresente aparente confusão e instabilidade, dinamizam as linhas retas, intrincam e emaranham os planos e aresta, alterando ângulos, sempre diferentes entre si, até que o suposto caos atinja se ápice. (SPERLING, 2003)

“A relação entre dissimulação e realidade é similar à significação corporificada na máscara: o signo de se fingir ser não o que se é – ou seja, um signo que parece não significar nada além de si mesmo.” (EISENMAN, 1984, p. 155)

No mundo virtual, Eisenman, também é uma referência da utilização de meios digitais, não só para a representação da forma arquitetônica, mas também como estratégia geradora da forma, como consequência do seu pensamento afinado com os meios informáticos.

“O paradigma eletrônico coloca um desafio poderoso para a arquitetura uma vez que define a realidade em termos de mídia e simulação, valorizando a aparência sobre a existência, o que “pode ser visto” sobre “o que é”. (...) A arquitetura assume assim o olhar como algo preeminente e de certo modo natural aos seus próprios métodos, e não algo a ser problematizado. É precisamente este conceito tradicional do olhar que o paradigma eletrônico coloca em questão”. (EISENMAN, 1993, 14-15).

Alguns autores consideram Eisenman como o primeiro arquiteto a aplicar uma referencia fractal a um projeto(ALZOGARAY, 2007). A Casa 11a, no qual se podem identificar algumas características fractais, foi desenvolvida por Eisenman poucos meses após o desenvolvimento da obra de Mandelbrot intitulada “*Fractals: Form, Chance, and Dimension*” de 1975, onde apesar deste projeto não ter sido apresentado publicamente até abril de 1980, no entanto, marca a primeira apropriação por um arquiteto de um conceito de teoria da complexidade.(OSTWALD, 2001)

Para Eisenman o escalonamento fractal "confronta" a presença, origem e o objeto estético "no contexto do sitio, do programa do edifício, e dos seus meios de representação". Em 1978, a Casa 11a (da sua série de experimentações em um conjunto de casas) (Figura 3) tornou-se um tema central na temática da habitação e foi produzido durante o seminário de design em Cannaregio, Veneza, no qual utilizou o conceito de escala fractal,um processo que ele descreve como implicando filosoficamente "três conceitos desestabilizadores: descontinuidade, o que confronta a metafísica da presença; recursividade, que confronta origem; e auto-similaridade, que confronta a representação e o objeto estético". (Eisenman 1988, p.70).

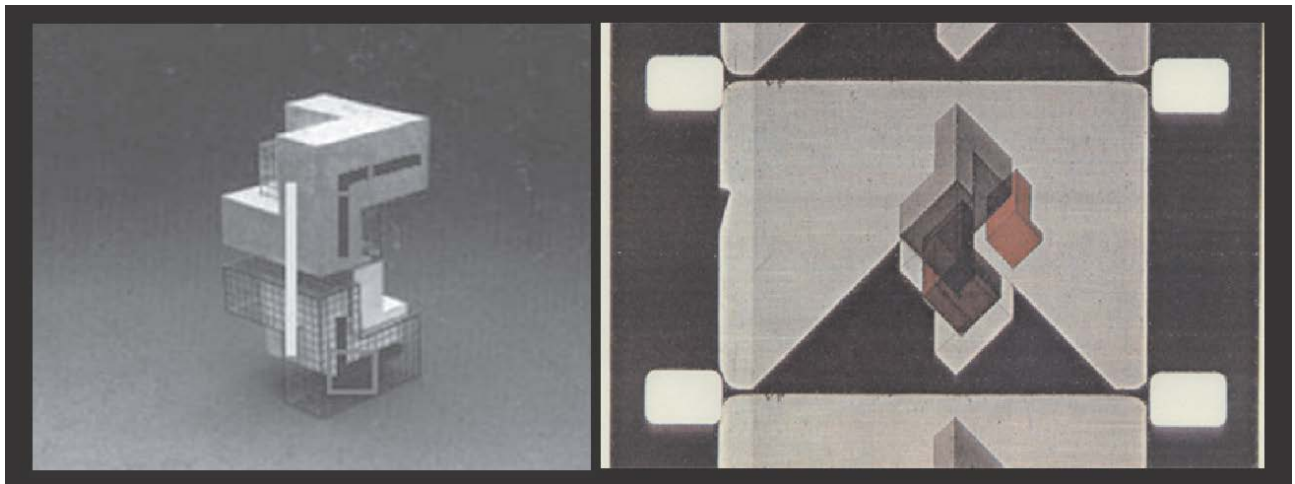


Figura 3 – Casa 11 a.

Fonte: Eisenman Architects: Selected and Current Works (2002)

A Casa 11ª (Figura 4), Eisenman se utiliza da forma em "L" e combina esta forma através de um processo complexo de simetrias verticais e com o uso de rotações ao objeto. O "L" é realmente um quadrado que foi dividido em quatro partes e, em seguida, tendo um quarto removido. (OSTWALD, 2001)

Como consequência destas operações Eisenman obtém uma figura "instável" ou de "estado intermediário" através da forma em "L", muito pela não representação completa dos tradicionais retângulos ou quadrados, onde a representação original é um cubo removido de um conjunto de cubos, obtendo o "L" em três dimensões.

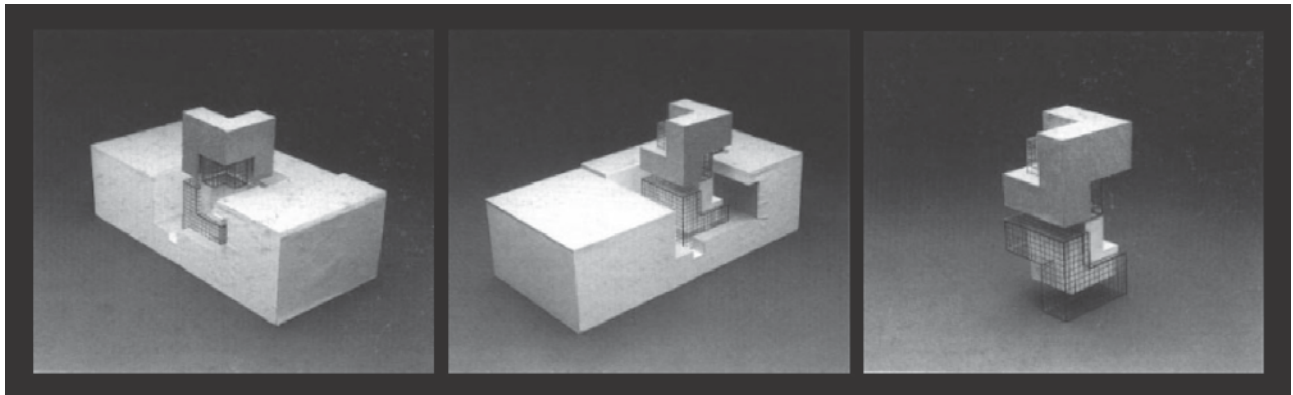


Figura 4 – Processo projetual Casa 11ª

Fonte: Eisenman Architects: Selected and Current Works (2002)

Eisenman então coloca uma série de objetos idênticos em escalas variadas no seu projeto da Praça da Cidade de Cannaregio (Figura 5), onde cada um dessas cópias é uma ampliação da Casa 11a, a partir de um objeto com altura equivalente a de um homem e chegando a um grande objeto, demasiadamente grande para ser uma casa, bem como tendo seu objeto (casa) paradoxalmente preenchido do tamanho de infinitas versões com diferentes escalas que se torne inutilizável como uma casa.



Figura 5 - escalas variadas no projeto da Praça da Cidade de Cannaregio

Fonte: Eisenman Architects: Selected and Current Works (2002)

A presença do objeto dentro do objeto celebra a forma original e assim o seu lugar transcende no papel de um modelo e torna-se um elemento e, além disso, um exemplo de componente arquitetônico auto-similar e auto-referencial, transformando assim a Casa 11a efetivamente em um objeto dimensionado em si, um infinito número de vezes formando uma espécie de fractal arquitetura.

Eisenman então continua a desenvolver outros projetos com a utilização destes conceitos, agora aliados também ao desenvolvimento tecnológico de informação, permitindo que se alie a computação para gerar novas formas.

Outro exemplar da obra de Eisenman é o projeto para o Biocentrum da J.W.GoetheUniversität (Figura 6) em Frankfurt, onde abandonou o tradicional método de definição de hierarquias espaciais e como alternativa, e explora a possibilidade de “embaçar” a distinção entre a arquitetura e biologia, representando os processos genéticos em oposição de apenas armazená-los. (MONEO, 2008)

O processo de arquitetura neste projeto transcreve o processo de síntese de proteínas através dos conceitos biológicos do processo de DNA, onde são interpretados arquitetonicamente como processos geométricos, que como consequência guia o processo de projeto, onde remete a semelhança entre a geometria fractal e a geometria através dos processos de DNA, os quais são utilizados para relevar o uso da geometria fractal como uma alternativa à clássica geometria euclidiana.

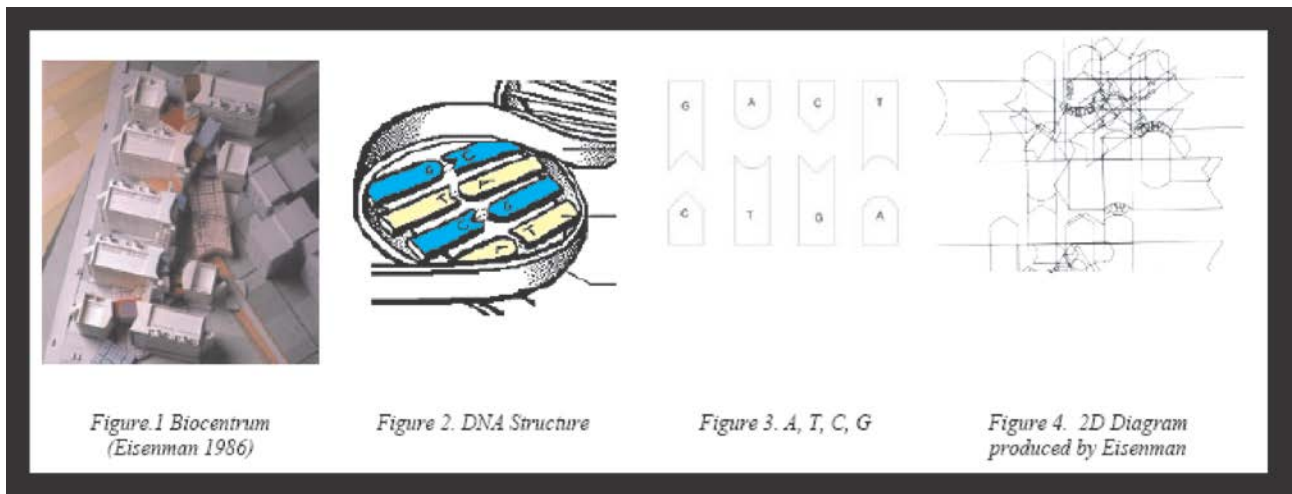


Figure 1 Biocentrum
(Eisenman 1986)

Figure 2. DNA Structure

Figure 3. A, T, C, G

Figure 4. 2D Diagram
produced by Eisenman

Figura 6 – Processo de DNA (KWON & YI-LUEN, 2003)

Fonte: http://code.arc.cmu.edu/archive/archidna/public_html/d_intro.html

Como ligação entre esses novos métodos de exploração de novas formas, surge um “software” chamado ArchiDNA (Figura 7) que foi inspirado pelo método projetual de Peter Eisenman, especialmente no Biocentrum, como um exemplo de geração de formas a partir de conceitos abstratos do projeto desenvolvido sob a forma de construção com os conceitos de DNA que através da observação da cadeia de DNA que é composto de quatro formas iniciais A, T, C e G (2 pares entrelaçados) e observando o projeto de Eisenman, os cientistas identificaram seus princípios de geração da forma, como a replicação das formas originais, rotação da forma generativa e redimensionamento da forma geradora. (KWON & YI-LUEN, 2003).

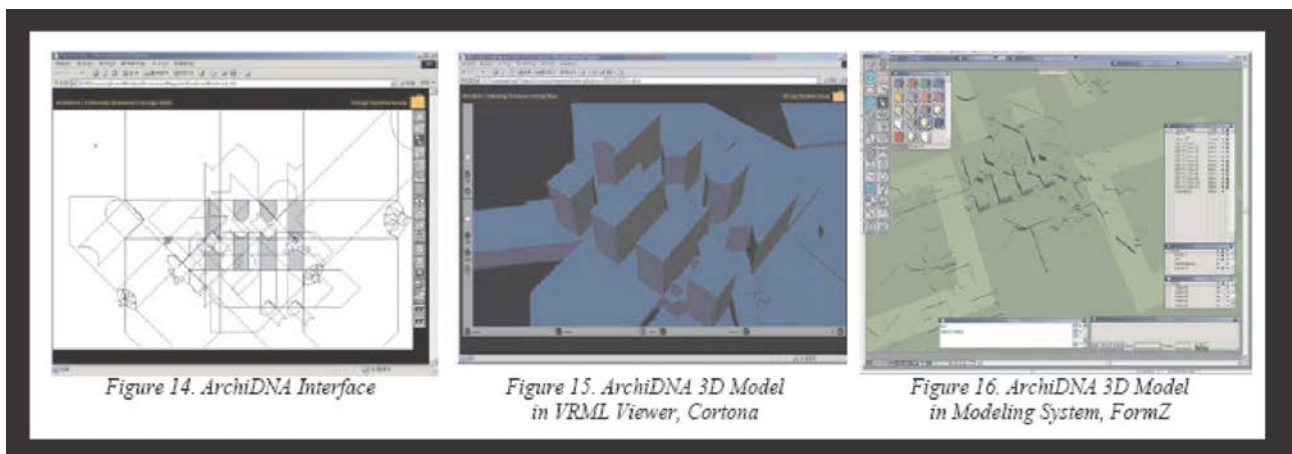


Figure 14. ArchiDNA Interface

Figure 15. ArchiDNA 3D Model
in VRML Viewer, Cortona

Figure 16. ArchiDNA 3D Model
in Modeling System, FormZ

Figura7 – ArchiDNA. (KWON & YI-LUEN, 2003)

Fonte: http://code.arc.cmu.edu/archive/archidna/public_html/d_intro.html

Referências

- ALBERTI, M. (2008). **Advances in urban ecology : integrating humans and ecological processes in urban ecosystem**. Nova Iorque: Springer.
- ALEXANDER, C., NEIS, H., ANNINOU, A. and KING, I. . (1987). **A new theory of urban design**. Oxford University Press.
- ALZOGARAY, I. (2007). **Geometria fractal y arquitectura: ¿un vínculo consistente?** *Forma y Simetría: Arte y Ciencia* . Buenos Aires.
- ANDERSON, C. (1961). **A cauda longa: do mercado de massa para o mercado de nicho**. Rio de Janeiro: Elsevier.
- ASCHER, F. (2004). **Los nuevos principios del urbanismo**. Madrid: Alianza Editorial.
- BAK, P., CHAO, T., & WIESENFELD, K. (1998). **Self-organized criticality: an explanation of $1/f$ noise**. *Physical Review Letters* , 59, 381–384.
- BARKI, J. (2000). **Representação Digital e Projeto de Arquitetura**. *SIGraDi'2000* . Rio de Janeiro.
- BATTY, M. (2007). **Complexity in City Systems: Understanding, Evolution and Design**. *CASA Working Paper 117* .
- BATTY, M. (2008). **The Size, Scale, and Shape of Cities**. *Science*, 319 , 769 – 771.
- BATTY, M., & LONGLEY, P. (1994). **Fractal Cities: a Geometry of Form and Function**. *Academic Press* .
- BATTY, M., & TORRENS, P. M. (2005). **Modelling and Prediction in a Complex World**. *Futures*, 37, 745-766.
- BAUER, R. (1999). **Gestão da Mudança: caos e complexidade nas organizações**. São Paulo: Atlas.
- CAPRA, F. (1996). **A Teia da Vida. Uma nova compreensão científica dos Sistemas Vivos**. São Paulo: Editora Cultrix.
- CARVALHO, G. L. (2004). **Ambientes cognitivos para projeção: um estudo relacional entre as mídias tradicional e digital na concepção do projeto** Arquitetônico. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.
- CELANI, G. (2002). **Beyond analysis and representation in CAD**. Cambridge: MIT Ph.D. theses.
- COLLINS, P. (1970). **Los ideales de la arquitectura moderna. Su evolución 1750-1950**. Barcelona: Gustavo Gili.
- DI MÉO, G. (1998). **Géographie sociale et territoires**. Paris: Nathan.
- EISENMAN, P. (1988). **Eisenmanesie**. *Architecture + Urbanism* .
- EISENMAN, P. (1986). **Moving Arrows, E os and other Errors**. Londres: Architectural.
- EISENMAN, P. (2007). **Processes of the intersticial (1997)**. In **Written into the Void. Selected Writings 1990-2004**. Londres: Yale University Press.
- EISENMAN, P. (1984). **The End of the Classical: the End of the End, the End of the Beginning**. *Perspecta: the Yale Architectural Journal* .
- EISENMAN, P. (1963). **The Formal Basis of Modern Architecture: Dissertation**. Baden: Lars Müller Publishers.
- EISENMAN, P. (1992). **Visions Unfolding: Architecture in the Age of Electronic Media**. *Domus* , 21-24.
- EISENMAN, P., & Kwinter, S. (2004). **Tensão disciplinar: territórios mutantes**. *Arquitetura Viva Monografias - Pragmatismo y Paisaje* . Madrid.

- FERNANDES, J. A. (2007). **Fractais: uma nova visão da matemática**. *Monografia de conclusão de curso*. Lavras.
- GALOFARO, L. (1999). **Digital Eisenman. An Office os the Eletronic Era**. Basel: Birkhauser.
- GAMALHO, N. P., & HEIDRICH, A. L. (2008). **Espaço Urbano: imagens de sua complexidade**. *XVIII Encontro Estadual de Geografia*. Bento Gonçalves.
- GRILLO, A. C. (2007). **Funcionalismo complexo: funcionalismo, arquitetura e ciência naturais**. *Colóquio de pesquisas em habitação: Coordenação modular e mutabilidade*. (pp. 01-19). Belo Horizonte: Grupo de Pesquisa Morar de Outra Maneira/Ecola de Arquitetura da UFMG.
- KWON, D. Y., & YI-LUEN, E. (2003). **Inspired by Eisenman: ArchiDNA, a creative shape generative system**. *CAAD Futures*, 180-181. Taiwan.
- LACOMBE, O. (2006). Uma complexidade perplexa: arquitetura e cidade. *Impulso*, 17, pp. 7-14.
- LAMB, R. (2006). **Complexidade em arquitetura e urbanismo: uma avaliação das ciclovias em Florianópolis**. *Dissertação*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- MAGALHÃES, M. R. (2001). **A arquitectura paisagista: morfologia e complexidade**. Lisboa: Estampa.
- MEHAFFY, M. W. (Março de 2008). **Generative methods in urban design: a progress assessment**. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*. , pp. 57 - 75.
- MONEO, R. (2008). **Inquietação Teórica e Estratégia Projetual na Obra de Oito Arquitetos Contemporâneos**. São Paulo: Cosac Naify.
- MORIN, E. (1991). **Introdução ao pensamento complexo**. Lisboa: Instituto Piaget.
- MORIN, E. (1988). **O paradigma perdido: a natureza humana**. 5.ed. : *Europa* –. Lisboa: Publicações Europa-América.
- OSTWALD, M. (2001). **Fractal Architecture: Late Twentieth-Century Connections Between Architecture and Fractal Geometry**. *Nexus Network Journal* 3, pp. 73-83.
- PALLAZO, L. (Maio de 1998). **VI Escola Regional de Informática**. Acesso em 02 de Novembro de 2009, disponível em Universidade Católica de Pelotas: <http://ia.ucpel.tche.br/~lpalazzo/Aulas/IA/m09/m09.htm>
- PETERS, E. E. (1994). **Fractal Market Analysis: Applying Chaos Theory to Investments and Economics**. Nova Iorque: John Wiley and Sons.
- PORTUGALI, J. (2000). **Self-organization and the city**. Berlin: Springer .
- PRIGOGINE, I., & STENGERS, I. (1992). **Entre o Tempo e a Eternidade**. *Trad. Roberto Leal Ferreira*. São. São Paulo: Companhia das Letras.
- RITCHIE, I. (1994). **Well Connected Architecture**. Londres: Ernst & Sohn.
- SALINGAROS, N. (2001). **Archimagazine**. Acesso em 22 de Outubro de 2009, disponível em Fractals in the New Architecture, Archimagazine. Ed. on line: <http://www.archimagazine.com/afrratae.htm>
- SALINGAROS, N. (2005). **Conectando la Ciudad Fractal**. *Design Science Planning* .
- SANTOS, M. (2002). **A natureza do Espaço: Técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: USP.
- SPERLING, D. (2003). **Arquiteturas contínuas e topologia - similaridades em processo**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SPERLING, D. (2006). **Diagramas, modelagem e prototipagem rápida: interface entre processo de design da forma e topologia**. *Sigradi* . Santiago do Chile.

STEWART, I. (1996). **Os Números da Natureza: a realidade irreal da imaginação matemática**. Rio de Janeiro: Rocco.

TERZIDIS, K. (2006). **Algorithmic Architecture**. Oxford: Elsevier.

VEIGA, J. E. (2007). **A Emergência Socioambiental**. São Paulo: Senac.

WILLIAMS, G. P. (1997). **Chaos Theory Tamed**. . Washington: Joseph Henry Press.

ⁱ (COLLINS, 1970)

ⁱⁱ A Cauda longa (long-tail) é uma de potência, e como a amplitude de uma lei de potência se aproxima de zero, mas nunca chega a alcançar este ponto, à medida que a curva se estende até o infinito, ela é conhecida como curva de “cauda longa”. (ANDERSON, 1961, p.124)

ⁱⁱⁱ Um sistema dinâmico não-linear é um sistema não determinista, onde as implicações dos seus integrantes individualmente são aleatórias e não previsíveis. Estes sistemas evoluem no domínio do tempo com um comportamento desequilibrado e aperiódico, onde o seu estado futuro é extremamente dependente de seu estado atual, e pode ser mudado radicalmente a partir de pequenas mudanças no presente.(VEIGA, 2007)

^{iv} Williams (1997) afirma que possivelmente um dos conceitos mais fundamentais no estudo da teoria do caos é o atrator. Um atrator é um conjunto de sistemas dinâmicos de condição estável.

^v Conceito de Dobra do filósofo Gilles Deleuze.

^{vi}O termo Autopoiese foi criado pelos biólogos chilenos Humberto Maturana e Francisco Varela. A teoria Autopoiética tem sido aplicada em imunologia, na interação homem computador, sociologia, economia, filosofia e administração pública.

^{vii}“*The Formal Basis of Modern Architecture*.”Titulo original da tese defendida no *TrinityCollege* na Universidade de Cambridge em Agosto de 1963.