



PROJETAR - 2015

Originalidade, criatividade e inovação no projeto contemporâneo:
ensino, pesquisa e prática. Natal, 30 de setembro a 02 de outubro.

Complexidade e Modelagem Paramétrica na Concepção de Edifícios

Complexity and Parametric Modeling in Building Design

Complejidad y Modelado Paramétrico en el diseño de Edifícios

FLORIO, Wilson

Doutor, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie,
wflorio@uol.com.br

RESUMO

O objetivo do presente artigo é apontar relações entre a modelagem paramétrica (MP) e a complexidade na concepção de edifícios na arquitetura contemporânea. O artigo discute conceitos fundamentais sobre parametrização e sobre a organização de elementos construtivos a partir das possibilidades da MP. São discutidos conceitos de criação por variação e *form-finding*. A análise e a síntese dos resultados obtidos pela pesquisa realizada sobre MP entre os anos de 2010 e 2013, assim como as experiências didáticas no ensino de novas tecnologias na graduação e na pós-graduação, e também em workshops realizados pelo autor nos últimos dois anos, constituem a base da argumentação do texto aqui apresentado. O artigo contribui para a discussão sobre a importância da MP na concepção de formas complexas, identifica características do novo perfil de profissional necessário para conceber edifícios paramétricos, assim como para a discussão sobre o processo de projeto na arquitetura contemporânea.

PALAVRAS-CHAVE : Complexidade, Modelagem Paramétrica, Processo de Projeto.

ABSTRACT

The aim of this paper is to point out relations between parametric modeling (PM) and complexity in design of buildings in contemporary architecture. The article discusses basic concepts of parameterization and the organization of constructive elements from the possibilities of the MP. Concepts of creation by variation and form-finding are discussed. Analysis and synthesis of the outcomes of research on MP conducted between the years 2010 and 2013, as well as student experiments in teaching new technologies at the undergraduate and postgraduate, and in workshops held by the author in past two years, are the basis of the text argument presented here. The article contributes to the discussion about the importance of MP in the design of complex shapes, identifies features of the new professional profile required to design parametric buildings, as well as for discussion of the design process in contemporary architecture.

KEY-WORDS : Complexity, Parametric Modeling, Design Process.

RESUMEN

El propósito de este artículo es señalar las relaciones entre el modelado paramétrico (MP) y la complejidad en el diseño de edificios de arquitectura contemporánea. El artículo aborda los conceptos básicos de la parametrización y la organización de los elementos constructivos de las posibilidades de la MP. Se discuten los conceptos de la creación de la variación y form-finding. El análisis y la síntesis de los resultados de las investigaciones realizadas en MP entre los años 2010 y 2013, así como experimentos de alumnos en la enseñanza de las nuevas tecnologías en el pregrado y postgrado, así como en los talleres realizados por el autor durante los últimos dos años forman la base del texto del argumento que aquí se presenta. El artículo contribuye



PROJETAR - 2015

Originalidade, criatividade e inovação no projeto contemporâneo:
ensino, pesquisa e prática. Natal, 30 de setembro a 02 de outubro.

a la discusión sobre la importancia de MP en el diseño de formas complejas, identifica características del nuevo perfil profesional requerido para proyectar edificios paramétricos, así como para la discusión del proceso de proyecto en la arquitectura contemporánea.

PALABRAS-CLAVE: Complejidad, Modelado Paramétrico, Proceso de Proyecto.

1 INTRODUÇÃO

Durante o século XX, vários importantes arquitetos modernos empregaram conceitos de geometria na tentativa de convencer a todos que havia um modo de pensar racional baseado em fatos objetivos. A objetividade das formas puras, e a proporção, o ritmo e a harmonia dos traçados reguladores poderiam, na visão de Corbusier, conduzir a “*vérités réconfortantes*” (CORBUSIER, 1943, p.144), assim como conduzir os arquitetos a escolhas “exatas” sobre a ordenação das formas no espaço. Além disso, a nova arquitetura (moderna) era para ser autêntica, impessoal, com formas abstratas, sem sentimentos individuais (ROWE, 1976, p.125). Conseqüentemente, a neutralidade *matemática* e a limitação trazida por essa objetividade levaria a arquitetura a uma racionalidade e a uma moral construtiva.

No livro “*Complexidade e Contradição em Arquitetura*”, publicado em 1966, Robert Venturi destaca com veemência um aspecto extremamente importante para a compreensão das propostas arquitetônicas que buscavam a complexidade em vez de uma aparente simplicidade: a hibridação. Esse conceito permeia vários aspectos relativos à organização das formas no espaço propostos pelos arquitetos em diferentes períodos da história da arquitetura.

A busca por legibilidade na organização das formas no espaço na arquitetura moderna estava fortemente presente nos projetos que Le Corbusier projetou na década de 1920. O purismo das formas claras, a veemência puritana de separação e exclusão de formas primárias, distintas e sem ambigüidade foram defendidos por Corbusier no livro “*Por uma Arquitetura*”, publicado em 1921. Essas ideias foram propagadas por muitos arquitetos modernos ao longo do século XX.

O embate e a tensão provocados entre a pretensa simplicidade corbusiana e a busca de complexidade venturiana tem acirrado, nas últimas décadas, um profundo debate sobre a validade de projetos de arquitetos como Frank Gehry, Zaha Hadid, Peter Eisenman, entre outros, que propõem crescentes níveis de complexidade formal e espacial, particularmente por meio de hibridação de formas.

É notório o fato que, de um modo geral, os modernos tinham uma necessidade de romper com o passado. De algo modo, eles pensavam naquilo que Bruno Latour denomina de “flecha irreversível do



PROJETAR - 2015

Originalidade, criatividade e inovação no projeto contemporâneo:
ensino, pesquisa e prática. Natal, 30 de setembro a 02 de outubro.

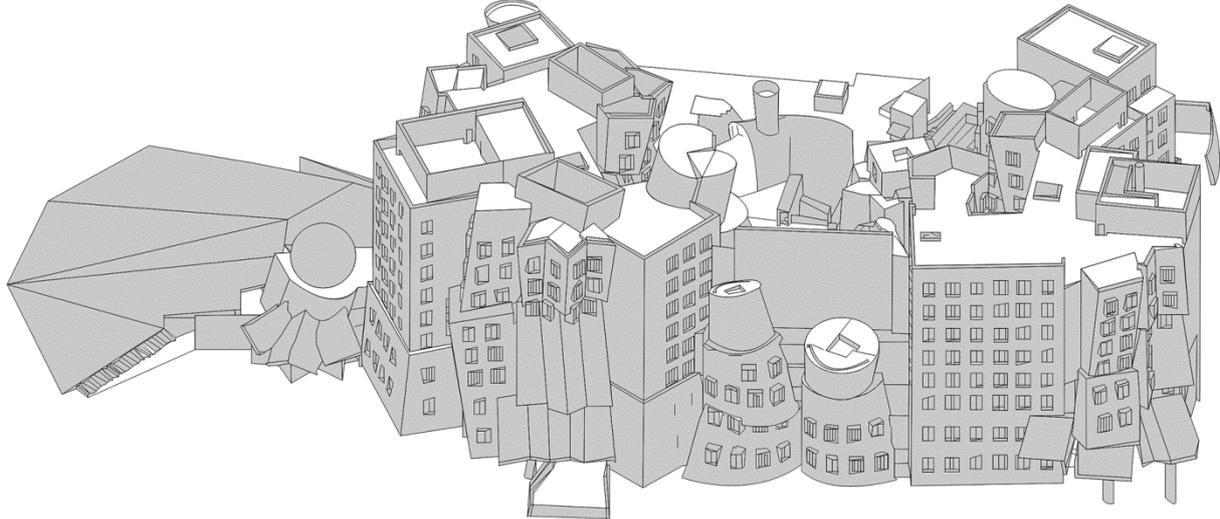
tempo”, que causava uma sensação de progresso, uma ideia radical de revolução (LATOURE, 1994). De fato, em momentos acelerados do desenvolvimento científico e de grandes transformações sociais tende-se a crer que o passado está superado. Os modernos tendiam a “purificar” as formas intermediárias, negando e limpando aquilo que não contribuía para tornar seu pensamento límpido e claro. Essa simplificação operativa tornou-se um instrumento a partir do qual os arquitetos modernos expurgaram as formas consideradas híbridas, para promover a falsa ideia de que a explicação e a solução dos problemas sociais poderia se dar a partir de proposições simples e objetivas, dotadas de formas geometricamente nítidas e puras.

Contudo, com o passar do tempo, e ao longo do século XX, Colin Rowe, Robert Venturi e tantos outros críticos da arquitetura moderna começaram a identificar incoerências e inconsistências entre aquilo que se pretendia atingir como o “ideal para a cidade moderna” e a verdadeira cidade “real”, dotada historicamente de todo tipo de situações híbridas. Ficava cada vez mais claro que a cidade controlada, do lado da ciência, idealizada pelos modernos, dotada de simplicidade de formas puras, se contrapunha à cidade espontânea, a cidade das pessoas, dotada de formas híbridas, cuja complexidade era decorrente da fusão entre as experiências vividas no passado e o presente, gerava continuidades e descontinuidades, paradoxos e contradições que sempre fizeram parte da vida humana.

Em vez de operar com a “difícil unidade de inclusão”, decorrente da hibridação de formas de edifícios que se justapuseram em diferentes períodos de construção de uma cidade, esses arquitetos modernos buscavam aquilo que Venturi denominou de “fácil unidade de exclusão”, empregando edifícios isolados com formas simplificadas, que expurgavam a complexidade. Essa “simplificação forçada”, resultante de uma escolha seletiva e redutiva de problemas, expurga qualquer tipo de complexidade inerente de situações circunstanciais e espontâneas, típicas da vida real.

Ao afirmar que “*mais não é menos*”, Venturi reitera uma intensa busca pela complexidade presente em vários momentos da história da arquitetura. De fato, como bem escreveu Venturi (1995, p.4), “*a doutrina ‘menos é mais’ deplora a complexidade e justifica a exclusão para fins expressivos*”. Venturi conclui: “*Mas a simplicidade estética que é uma satisfação para o espírito deriva, quando válida e profunda, da complexidade interior*” (1995, p.6). Ao se contrapor a alguns preceitos da arquitetura moderna e, ao mesmo tempo, resgatar conceitos clássicos, Venturi aponta incoerências entre o discurso e a prática arquitetônica ao longo de vários períodos da história da arquitetura.

Figura 1: Híbridação de formas complexas, impuras, ambíguas e contraditórias do Ray and Maria Stata Center no MIT, projetado pelo arquiteto Frank Gehry.



Fonte: Desenho de Wilson Florio, 2005.

Mas o que se tem notado nas últimas décadas é uma incessante busca por formas e espaços extremamente complexos, formas ambíguas e contraditórias. Na arquitetura de Gehry, Hadid e Eisenman há fortes ambiguidades e tensões, a confusão da experiência, o paradoxo inerente da difícil junção e da hibridação de diferentes formas. Disso decorre a ambiguidade da percepção visual de formas “impuras”, “indistintas”, que, pela riqueza de significados, dificulta a apreensão de seu conteúdo num único olhar. Apesar de todos os problemas e dificuldades decorrentes dessa postura polêmica e contestadora de preceitos e de normas vigentes, esses arquitetos não ignoram as complicações decorrentes da hibridação de formas. Ao contrário do purismo na composição e da justaposição de formas legíveis e estáveis, esses arquitetos operam com sobreposições, formas que se interceptam no espaço, que promoveu ambiguidades visuais, e, conseqüentemente, desestabilizam o olhar.

Nesse quadro atual da arquitetura contemporânea, no século XXI, o papel das novas tecnologias digitais no processo de projeto não tem sido debatido no Brasil com a devida atenção. Não é mera coincidência que novas complexidades formais e espaciais têm surgido nas últimas décadas. Procedimentos inovadores para investigar espaços arquitetônicos têm impulsionado novas experiências espaciais, algumas latentes ao longo da história da arquitetura. Não se trata meramente de opor “a esfera e o labirinto” como extremos de coisas inconciliáveis. Também não se trata de opor formas puras e amorfas, como se não fosse possível harmonizar dois modos tão distintos de operar sobre formas e espaços. Na realidade trata-se de operar na complexidade.



PROJETAR - 2015

Originalidade, criatividade e inovação no projeto contemporâneo:
ensino, pesquisa e prática. Natal, 30 de setembro a 02 de outubro.

O conceito de complexidade tem sido cada vez mais importante para definir essa hibridação de formas e de espaços na contemporaneidade. Complexidade é a fusão e a contradição entre múltiplos sistemas, que não podem ser sintetizados dentro de um único sistema unificado e harmônico. Cada um desses sistemas contém formas que não podem ser reduzidas a uma simples descrição geométrica euclidiana. Estas formas complexas e amorfas são controladas pela geometria topológica. Portanto, são compostas de uma geometria de curvatura variável que pode sofrer inúmeros tipos de transformações (FLORIO, 2005).

O processo de projeto, amparado pelas novas possibilidades expressivas trazidas pelas novas tecnologias digitais, baseadas em parâmetros, conduz a resultados mais complexos e às vezes imprevisíveis, pois as múltiplas combinações possíveis entre os diferentes parâmetros estabelecidos num projeto podem levar a descobertas inesperadas. Conseqüentemente, ao operar com recursos computacionais, as transformações e as mutações aleatórias que cada um desses sistemas pode sofrer geram diferenças e contradições entre si. Isso impede que sejam reduzidos a um todo homogêneo e harmônico, sem ambigüidade. Essa complexidade, portanto, é contraditória e irreduzível; é uma gradual acumulação de diferenças que são, na essência, dependentes de fatores incertos na combinação e na mutação (FLORIO, 2005). Como bem afirmou Greg Lynn (1998, p.158), *“a característica primária única da complexidade é a unificação provisória de componentes díspares sem totalidade”*.

É possível afirmar que a complexidade está entre a ordem e o caos. Enquanto na primeira consegue-se entender perfeitamente a relação entre as partes entre si, na última isso não é possível. Segundo James Gleick (1989, p.3-4), a partir da década de 1970 os cientistas *“começaram a encontrar um caminho em meio a essa desordem”*, dando origem a uma nova ciência, denominada *caos*. Essa ciência permitiu encontrar um padrão de ordem dentro de uma aparência aleatória, irregular e imprevisível. Por conseguinte, podemos denominar caos tudo aquilo onde não se consegue encontrar uma ordem subjacente. No entanto, muitas vezes algo que tem uma aparência aleatória possui uma ordem subjacente que não pode ser facilmente visualizada, devido à complexidade das regras que a gerou. Por conseguinte, o atual incômodo que ocorre na apreciação de obras de arquitetura de grande complexidade formal e também espacial se dá justamente pela impossibilidade inicial de se interpretar a ordem subjacente àquilo que aparenta ser um caos.

O reconhecido pesquisador Rudolf Wittkower (1995, p.208) demonstrou que a aliança entre a arte e a matemática remonta às civilizações antigas, sempre com a preocupação de por ordem ao caos que

nos rodeia. A diminuição da ansiedade sobre o imprevisível e o incontrolável dá ao homem uma sensação de segurança. As formas puras sempre promoveram uma confortável legibilidade na percepção visual das formas no espaço, enquanto que a hibridação e as formas impuras sempre conduziram a incertezas e ambiguidades que dificultam a sua interpretação.

Por outro lado, os atuais projetos de arquitetura baseados em parâmetros podem gerar complexidades que dificultam o entendimento da ordem subjacente. Assim, a desejada interpretação da complexidade espacial arquitetônica, presente na sua aparente desordem formal, dependerá da explicitação, por parte de quem a concebeu, da conexão entre os diferentes parâmetros estabelecidos durante sua concepção.

Em outras palavras, não é possível entender a ordem subjacente de formas intrincadas sem entender o processo de projeto que gerou tal complexidade. Não se pode apreciar um projeto dessa natureza meramente olhando o resultado de um processo, sobretudo porque ele fundamenta-se em complexos cálculos matemáticos que definem a combinação de parâmetros. Conseqüentemente, deve-se ter a devida cautela, e nos ater primeiro nos parâmetros e na ordem que nortearam suas diferentes combinações.

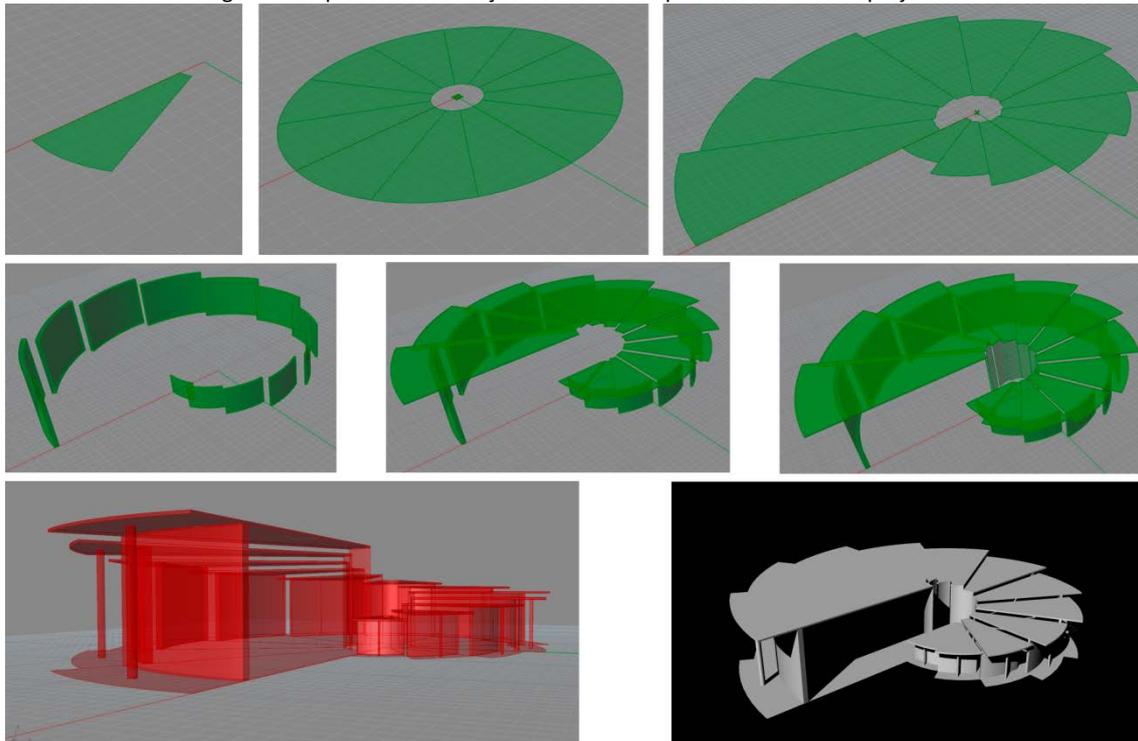
2 PENSAMENTO E MODELAGEM PARAMÉTRICA

O uso de *parâmetros* para definir a geometria de elementos construtivos, no âmbito da construção civil, tem provado ser cada vez mais eficaz no processo de projeto (FLORIO, 2012). Edifícios são compostos literalmente de milhares de partes individuais, e de um grande número de conexões. Embora, de um modo geral, a arquitetura sempre tenha dependido de parâmetros para nortear decisões arquitetônicas sobre a definição de elementos construtivos, a novidade trazida pela modelagem paramétrica computacional é a de combinar automaticamente diferentes parâmetros entre si, de modo a gerar centenas de possibilidades expressivas. Essa criação por variação matemática entre parâmetros é recente, e representa a grande novidade para a modelagem geométrica de elementos construtivos nas últimas décadas.

O poder dos computadores está na sua capacidade de calcular rapidamente complexas fórmulas matemáticas. No âmbito do projeto de edifícios, este fato tem permitido viabilizar geometrias complexas, introduzindo a possibilidade de criar e manipular novas famílias de formas e de superfícies curvas (FLORIO, 2012). Novas ferramentas computacionais, em ambientes paramétricos, permitem programar as dependências entre componentes, por meio do uso de variáveis, chamados

parâmetros. Estes permitem construir regras, traçar relações entre os pontos de uma curva, e definir o relacionamento entre eles. Portanto, as curvas derivadas deles capacitam a criação de superfícies curvas controladas parametricamente (Figura 1).

Figura 2: Sequência de definição de elementos paramétricos de um projeto.

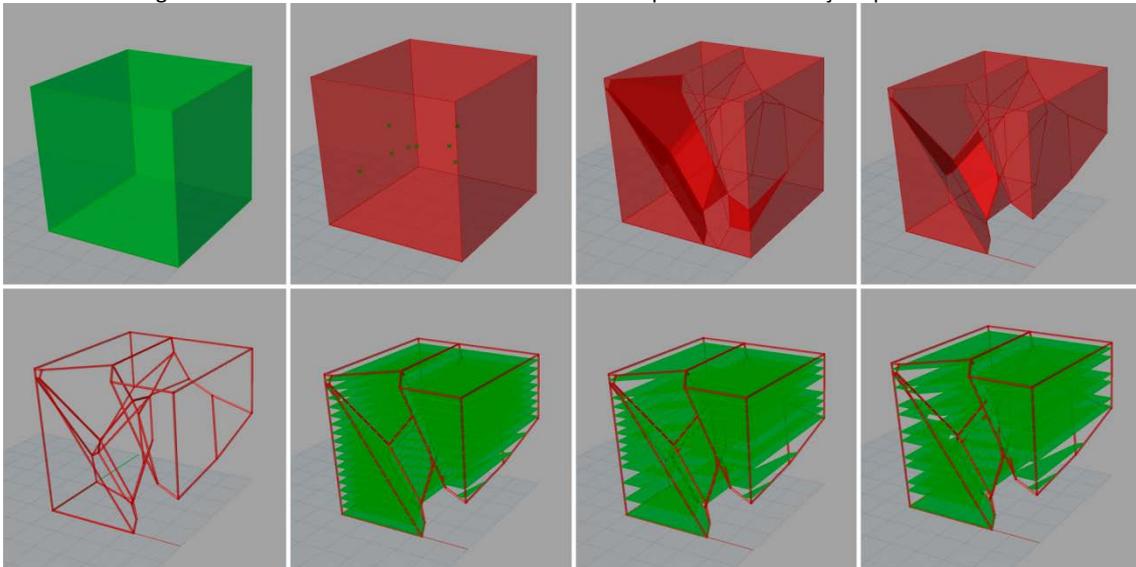


Fonte: Wilson Florio, 2014.

A capacidade das variações paramétricas pode ser amplamente explorada na definição das relações entre elementos de um componente construtivo ou mesmo entre diferentes componentes que constituem um sistema construtivo. Estruturas, escadas, coberturas, painéis de fechamento, pisos, janelas e portas podem ser modificados rapidamente a partir da manipulação de parâmetros, dando origem a inúmeras opções. Esta flexibilidade para a mudança é ainda mais fundamental em edifícios com dotados de grande complexidade formal, onde a geometria de cada elemento construtivo varia de acordo com as manipulações de parâmetros estabelecidos para controlá-los.

Uma forma pura inicial pode ser paulatinamente parametrizada e subdividida em componentes a partir de definições de parâmetros (Figura 3). Assim a combinação entre diferentes valores de diferentes parâmetros pode resultar em formas intrincadas, mas cuja gênese pode ser facilmente explicada a partir da declaração dos parâmetros envolvidos para sua manipulação topológica no espaço. Na figura 3 um cubo inicial é subdividido por parâmetros estabelecidos num algoritmo elaborado com o plugin Grasshopper.

Figura 3: Subdivisão de um cubo em formas voronoi por meio de variações paramétricas.



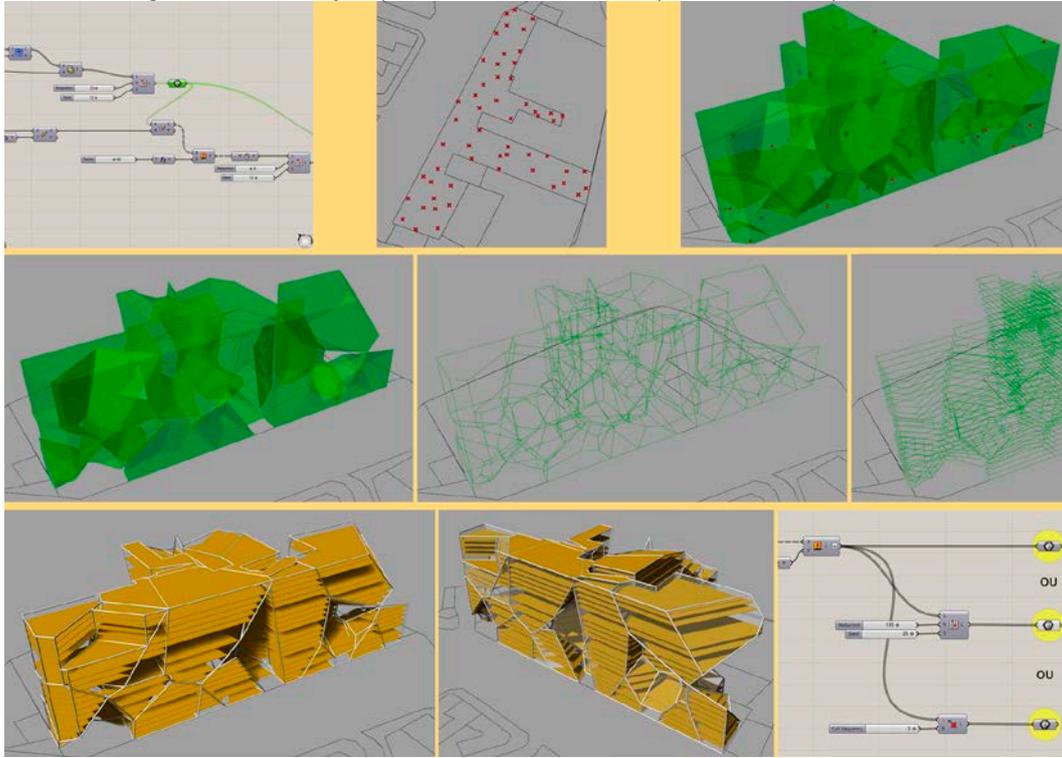
Fonte: Wilson Florio, 2014.

Mas em projetos de maior porte, como grandes conjuntos de edifícios em áreas urbanas, é instigante pensar como a modelagem paramétrica poderia contribuir para investigar novos tipos de edifícios na contemporaneidade. Quando se pensa em inserir novos edifícios híbridos e complexos, em áreas consolidadas do tecido urbano, ladeadas por uma massa contínua de edifícios, pode-se pensar no livro *“Collage City”*, de Colin Rowe, particularmente nos conceitos de *colagem* e *bricolagem*.

O conceito de *colagem* de Colin Rowe é oportuno nesse tipo de discussão. Rowe definiu a *colagem* como um método irônico, que permite acomodar a visão híbrida, e lidar com fragmentos sem ter que aceitá-los no todo (1947/1976, p.149). Como vimos na declaração de Greg Lynn, essa “unificação provisória”, característica da complexidade, é compatível com a ideia de fragmentos sem formar um todo de Rowe. Em termos de operações projetuais, isso significa aceitar que a inserção de edifícios complexos no tecido urbano não gera um todo homogêneo, ao contrário, resulta às vezes em contradições internas, mas seu conjunto sempre será complexo. Ao contrário da legibilidade dos edifícios isolados, essa fusão de elementos gera formas híbridas, e dá continuidade à massa edificada, mas sem que se obtenha como resultado um todo harmônico e homogêneo.

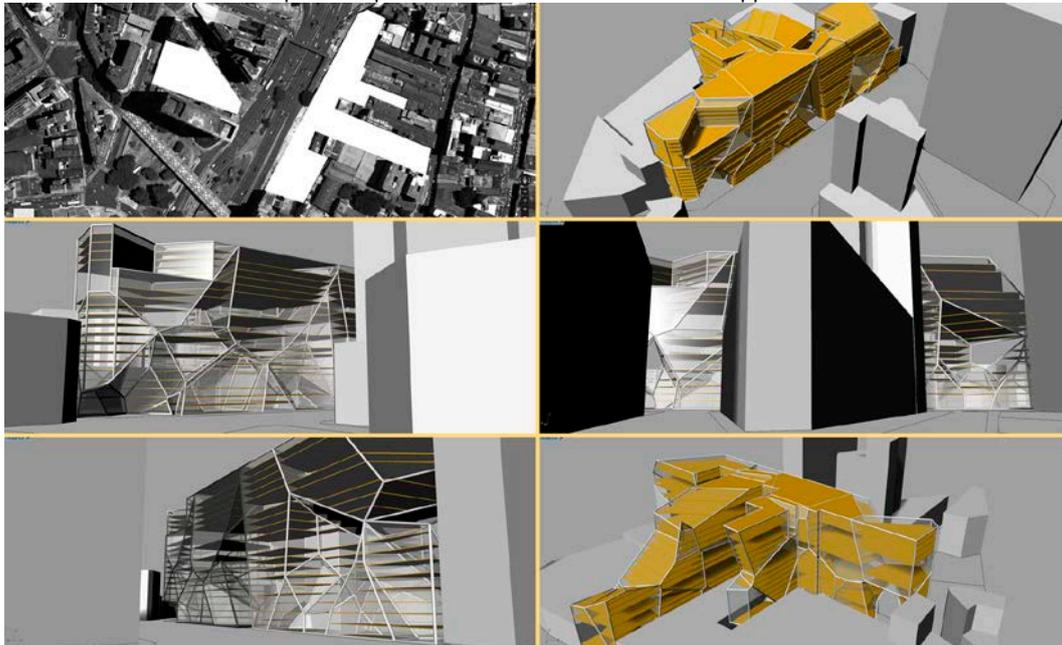
É interessante notar como a modelagem paramétrica pode contribuir para pensar formas e espaços mais complexos, de modo a realizar operações de hibridação com grande desenvoltura. Diferentes tipos de edifícios híbridos, com distribuições distintas de pavimentos, podem ser obtidos a partir de uma combinação de poucos parâmetros (Figura 4 e 5).

Figura 4: Transformações paramétricas de uma forma pura em formas tipo voronoi.



Fonte: Wilson Florio, 2014.

Figura 5: Inserção urbana de edifício híbrido na região central de São Paulo. O edifício foi modelado parametricamente a partir de parâmetros estabelecidos no Grasshopper.



Fonte: Wilson Florio, 2015.

A complexidade resultante da justaposição de edifícios existentes, dotados de formas regulares, e o novo edifício, com formas derivadas da geometria voronoi (Figura 5), desestabiliza o olhar, como na

colagem de Rowe, que lida com fragmentos sem aceitar o todo.

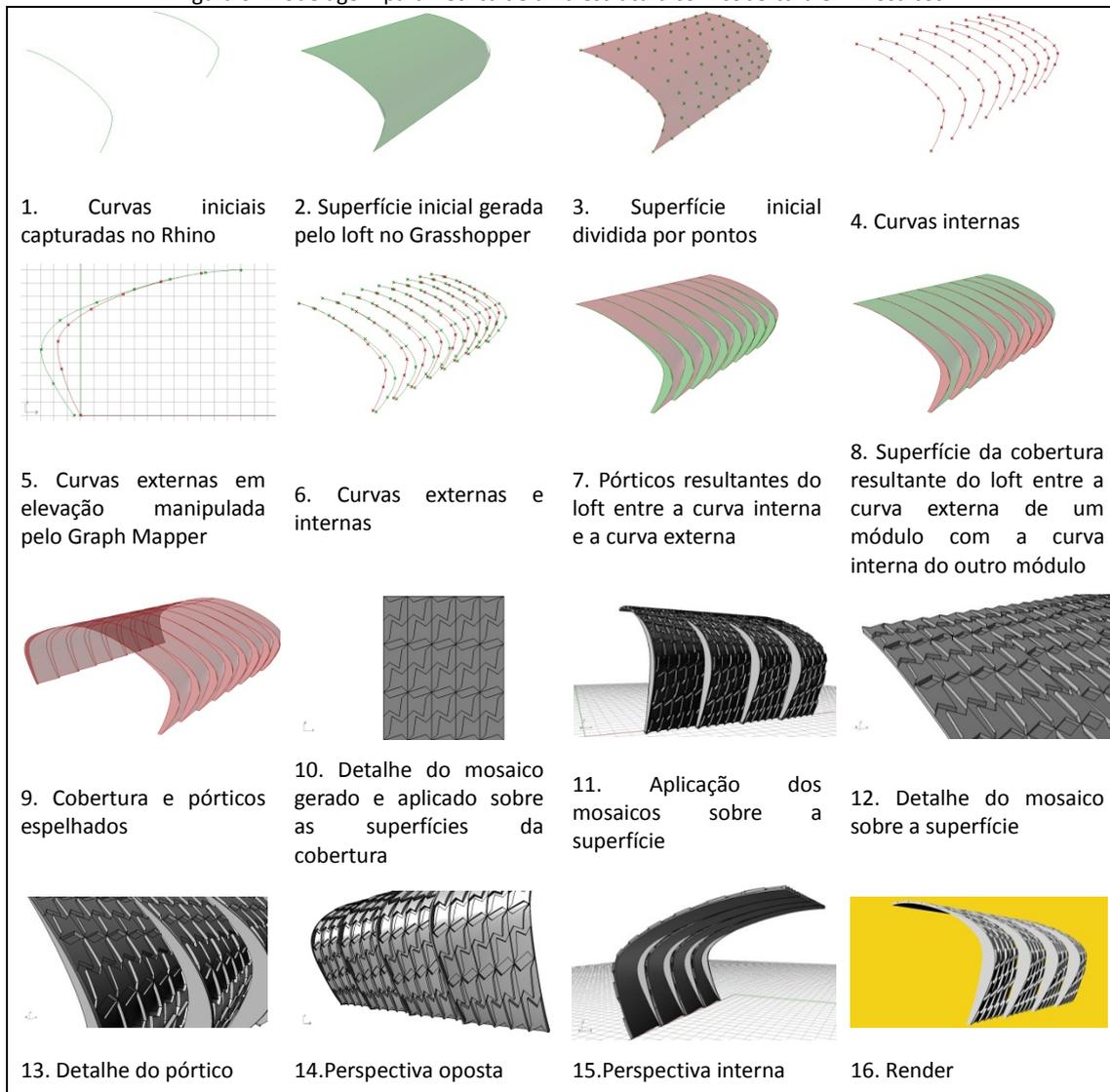
Contudo há diferenças consideráveis nesse tipo de modelagem. Diferente de um modelo geométrico tridimensional estático, criado através de entidades primitivas simples, um modelo paramétrico pode ser considerado como um sistema dinâmico de relações entre objetos. Esta característica é clara nos modelos complexos constituídos de múltiplos componentes, cada qual com seus próprios parâmetros. Tendo em vista este fato, é plausível pensar que a definição de parâmetros, regras, funções e restrições entre partes-componentes de um elemento construtivo seja um reflexo dos conhecimentos e das experiências particulares do programador. Tudo isto nos leva a entender a importância sobre um estudo ontológico de cada um dos elementos construtivos (Figura 6). Em vista desse fato, deve-se entender, também de modo explícito, como o programador interpretou a ontologia do elemento construtivo, isto é, como ele estudou as propriedades mais gerais deste elemento.

A concepção de novos edifícios, construídos recentemente a partir deste poderoso recurso tecnológico, tem demonstrado na prática que há, de fato, um novo modo de pensar, que é ao mesmo tempo criativo e matemático, lógico e analógico, algorítmico e improvisado, sem, contudo, perder o foco sobre o principal objetivo: obter um edifício com qualidade construtiva, qualidade de espaços e adequado ao uso específico.

Durante a MP, a clareza do encadeamento dos parâmetros, funções e variáveis que são exigidos de quem está à frente da concepção de um projeto, advém de suas diferentes experiências, que foram adquiridas previamente durante a sua prática. Não é possível pensar em desenhos paramétricos sem claras noções de geometria, assim como não se pode pensar um elemento construtivo sem a clareza de sua aplicação na construção. Além disso, deve-se ter uma profunda compreensão espacial da relação entre os componentes do edifício no espaço (Figura 6). Estes aspectos são pré-requisitos para a concepção e manipulação de formas parametrizadas, que só a prática profissional pode trazer.

Uma modelagem paramétrica contém restrições definidas à priori, mas que permitem combinar parâmetros de um modo investigativo, com descobertas inesperadas. O algoritmo propaga mudanças a partir de parâmetros restritivos conhecidos, mas com resultados normalmente inesperados. A propagação de uma alteração entre os parâmetros, que estão relacionados entre si, produz mudanças rápidas e eficazes, resultando em diferentes espacialidades. Além disso, as restrições nos modelos paramétricos podem ser expressas por fórmulas, funções e operações matemáticas. Isso implica num processamento matemático dos elementos modelados baseados em restrições.

Figura 6: Modelagem paramétrica de uma estrutura com cobertura em mosaicos.



Fonte: Wilson Florio, 2014.

Neste sentido, restrições paramétricas, ao contrário do que pode parecer, não restringem as possibilidades de projeto, nem a criatividade, pois o processamento matemático entre diferentes combinações de restrições explora muito mais opções do que seria obtido pelo processo artesanal de projeto, presente nos programas CAD tradicional ou mesmo no sistema manual, não informatizado.

3 PROJETO PARAMÉTRICO

O projeto de arquitetura é chamado de paramétrico quando seus elementos construtivos são definidos e manipulados por meio de variáveis definidas na modelagem paramétrica. O projeto é paramétrico quando se utiliza o computador para modificá-lo automaticamente enquanto os valores dos parâmetros são alterados durante o processo de projeto (FLORIO, 2012). A MP é particularmente

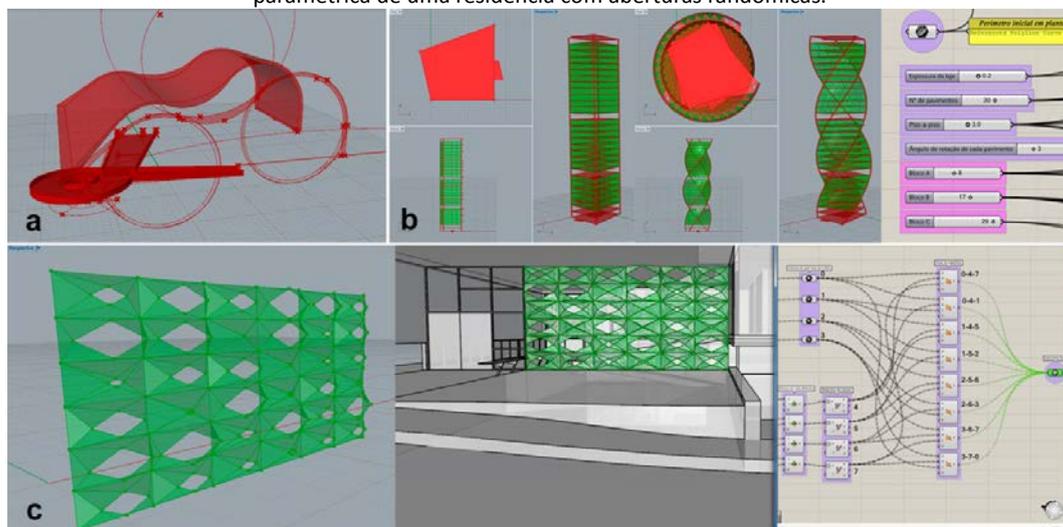
útil para modelar edifícios com formas complexas e intrincadas, assim como para estabelecer relações entre componentes e subcomponentes no espaço.

A mudança principal no projeto paramétrico é que neste processo não se busca a criação de uma única forma para cada elemento construtivo, mas procuram-se possíveis alternativas para seleção da forma mais adequada. Nas palavras de Branko Kolarevic (2003):

The emphasis shifts from the “making of form” to the “finding of form”, which various digitally-based generative techniques seem to bring about intentionally. In the realm of form, the stable is replaced by the variable, singularity by multiplicity (KOLAREVIC, 2003, p. 13).

Esta criação por variação, por meio de técnicas generativas, permite experimentar, comparar e selecionar novas famílias de formas complexas, balizados por parâmetros. A noção de família é importante no projeto paramétrico: um conjunto de elementos que se diferenciam somente nas dimensões de suas partes (FLORIO, 2012). Dentro de uma mesma família as formas variam somente nas relações entre as partes e não propriamente na geometria. Estas formas são denominadas *homeomorfas*. É importante destacar que o processo de projeto amparado pela modelagem paramétrica pode ser aplicado a diferentes níveis de complexidade, assim como a diferentes propósitos projetuais, desde projetos de habitação até edifícios de grande plasticidade.

Figura 7: a) Análise paramétrica do Teatro Popular Oscar Niemeyer; b) Projeto paramétrico de uma torre; c) Esquadria paramétrica de uma residência com aberturas randômicas.

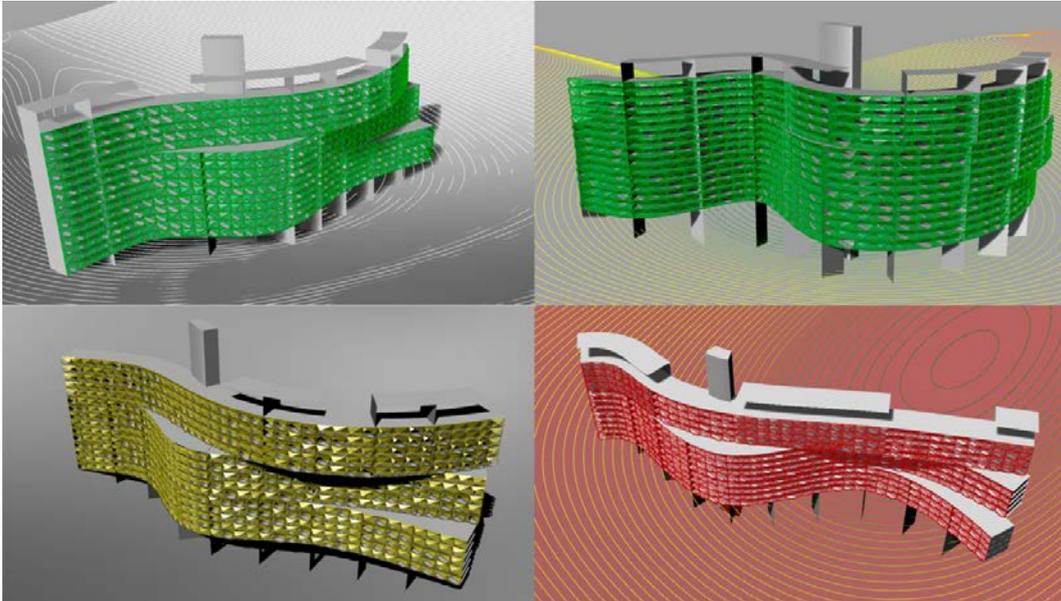


Fonte: Wilson Florio, 2014.

Na atualidade a “arte combinatória”, propiciada pela variação, encadeamento e combinação entre parâmetros estimula a investigação de novas possibilidades de criação em arquitetura, e não meramente de reprodução automatizada de elementos cadastrados, pré-programados e imutáveis. É possível modelar elementos convencionais, repetitivos, assim como elementos com configurações

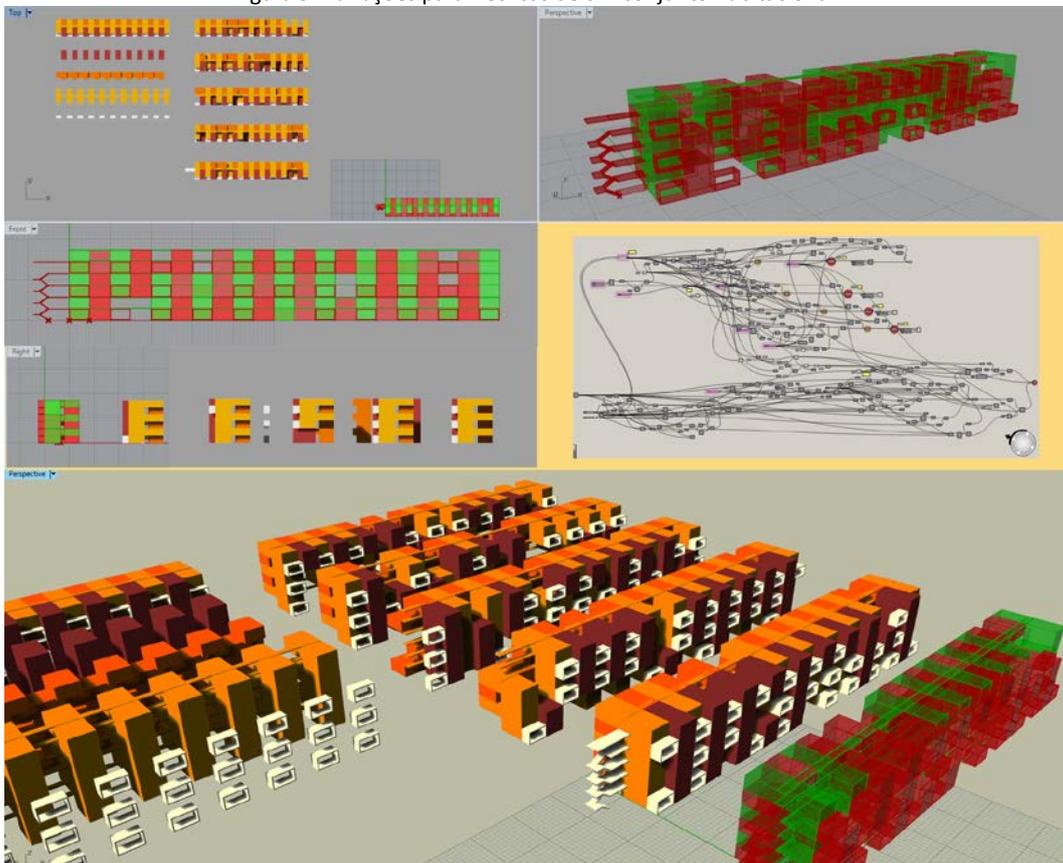
únicas. Na realidade pode-se aplicar a MP para obter variações desse elemento em diferentes situações de criação ou análise de um projeto (Figuras 7 a 9).

Figura 8: Variações paramétricas de um edifício curvilíneo.



Fonte: Wilson Florio, 2014.

Figura 9: Variações paramétricas de um conjunto habitacional.



Fonte: Wilson Florio, 2015.



PROJETAR - 2015

Originalidade, criatividade e inovação no projeto contemporâneo:
ensino, pesquisa e prática. Natal, 30 de setembro a 02 de outubro.

Desde 2011, o autor da presente pesquisa tem aplicado a MP a diferentes temas, desde a concepção de um abrigo para desabrigados (FLORIO, 2013), passível de ser produzido por máquinas CNC, até conjuntos habitacionais com grandes variações paramétricas das unidades (Figuras 8 e 9). Durante as aulas na graduação, como em workshops sobre projeto paramétrico, realizados no Brasil, o autor tem procurado explorar possibilidades desses recursos computacionais em benefício de uma arquitetura consistente, passível de ser aplicada no Brasil.

O uso declarado de parâmetros, regras e restrições permitirão atender às necessidades do projeto a partir do de múltiplos testes. Como o objetivo não é definir uma forma específica, e sim as características mais marcantes de um elemento construtivo, o programador, seja ele arquiteto ou não, deverá ser capaz de aplicar seus conhecimentos na definição das relações entre as geometrias das partes que compõem o elemento, assim como a flexibilidade para obter diferentes formas.

4 DISCUSSÃO SOBRE A MODELAGEM PARAMÉTRICA NO PROCESSO DE PROJETO

Diante o que foi exposto nas seções anteriores, pode-se concluir que a modelagem paramétrica pode incentivar a produção de novas ideias, de um modo experimental, criativo e investigativo. Todavia este processo requer uma predisposição para um julgamento crítico, que avalie e pondere com parcimônia, rigor e ética. Nesse sentido, o uso efetivo de novas tecnologias exige uma busca constante de extrair novas potencialidades tanto dos aparatos tecnológicos como das pessoas que os operam, para avançar em direção a descoberta de novos conhecimentos.

A modelagem paramétrica amplia a capacidade do arquiteto de processar informações na mente. O processamento matemático nos computadores expande capacidade humana de combinar diferentes padrões e variados conhecimentos. Essa relação dialógica entre homem-máquina tem alargado e catalisado explorações formal-espaciais até então nunca vistas. Embora arquitetos visionários sempre tenham imaginado novas concepções espaciais, somente em anos recentes ideias futuristas exploratórias puderem ser viabilizadas a partir dos recursos tecnológicos, sobretudo pela fabricação digital.

Mas é instigante o fato de poder usar o processamento matemático computacional para gerar diferentes geometrias bi e tridimensionais a partir da escolha e da combinação entre parâmetros na modelagem paramétrica. Não se trata da matemática para trazer “verdades universais”, “certeza” e “exatidão”, mas de empregar a conexão entre parâmetros para processar e gerar, automaticamente, novas formas e novos espaços em arquitetura. A mudança não é de quantitativa, mas qualitativa, pois

pode-se explorar diferentes ideias por meio dessa matemática combinatória, e, sobretudo, operar na incerteza, de modo criativo e investigativo.

Embora a modelagem paramétrica também esteja sendo empregada como *“um método assertivo de projetar”*, como uma renovação da esperança creditava no método combinatório universal proposto por Durand, esse tipo de investigação de espaços em arquitetura se aplica a diferentes propósitos, sem a certeza desses pretensos métodos universais de projetar. É evidente que se pode utilizar o método combinatório de elementos previamente definidos, e deixar o computador processar as informações. Contudo, pelo menos no que concerne ao aspecto prospectivo e criativo, a modelagem paramétrica se presta mais para investigar novas possibilidades expressivas do que meramente combinar elementos preconcebidos *“na mente”*.

Nas últimas duas décadas os recursos computacionais de programação, de edição e de manipulação possibilitam gerar formas e espaços que não seriam *“experimentados”* pelo processo de produção manual. Ao se referir ao computador, Peter Eisenman (apud BÉDARD, 1994) afirmou:

O que eu comecei a fazer é usar o computador, e o computador começa a gerar figuras para mim, que eu não poderia ter gerado à mão. Eu acredito que minha mão está limitada pela minha estética clássica. Nossas mãos e olhos são todos treinados de um certo modo. O computador me liberta e produz formas que eu não entendo e nem mesmo penso que eu gosto. Ele contém algo mágico para mim, alguma energia, alguma coisa mística (BÉDARD, 1994, p.17 – tradução do autor).

De fato, a estética e o treinamento tradicional do arquiteto normalmente o conduziu a produzir uma arquitetura cuja organização reflete as propriedades do assunto representado: geometria regular; axial; simetria; frontalidade. A utilização de projeções ortogonais conduz a um paralelismo entre o objeto representado e o suporte de representação. A formação profissional tradicional do arquiteto, fundada na técnica de representação gráfica bidimensional, o induz a produzir figuras geométricas que possam ser sintetizadas pelas técnicas de desenho, ou seja, decorrentes dos instrumentos tais como régua, compasso e esquadro. As ferramentas digitais, por outro lado, podem conduzir uma organização espacial que independe de paralelismos ou outras regularidades, pois pode processar e sintetizar cálculos matemáticos e produzir formas de geometria complexa.

Se *“o computador liberta”* é porque ele contribui para a produção de novas configurações espaciais que não seriam executadas manualmente. Essas formas geradas podem ser surpreendentes, pois muitas vezes sua programação implícita não é acessível ao arquiteto, e tampouco pode atender aos anseios e necessidades que o arquiteto esperava. Além disso, é interessante notar que os variados recursos para criação de formas tridimensionais recentes podem produzir configurações espaciais



PROJETAR - 2015

Originalidade, criatividade e inovação no projeto contemporâneo:
ensino, pesquisa e prática. Natal, 30 de setembro a 02 de outubro.

surpreendentes. O aspecto “mágico e místico” que pode haver nesses desenhos é que muitas vezes elas são geradas sem o conhecimento e entendimento pleno dos princípios que as geraram.

A maior contribuição das ferramentas computacionais foi a de gerar formas derivadas de intersecções e interpolações. As formas intersticiais resultantes desse processo podem ser produzidas por cálculos numéricos. O modelo digital forneceu as coordenadas espaciais de cada vetor de cada elemento modelado. Conseqüentemente, as operações booleanas de adição, subtração e intersecção entre volumes, assim como a exploração a interpolação de formas no espaço pode ser produzida rapidamente pelos programas gráficos computacionais, o que permite produzir formas de geometria muito mais complexas. Essa manipulação topológica de formas torna possível atuar justamente nas formas híbridas, que os modernos tentavam expurgar do pensamento projetual.

Como bem afirmou Bruno Latour (1994, p.118), “*os modernos exageraram na universalidade das ciências*”. Esse fato nos leva a inferir que o exagero dos arquitetos modernos foi acreditar que seria possível expurgar as formas híbridas do pensamento projetual, e operar com formas límpidas, formas puras, que trouxessem toda a clareza e a “verdade” matemática da razão humana. Em relação à modelagem paramétrica, pode-se pensar em operar com a hibridação de formas, como operações booleanas que ultrapassam as limitações trazidas pelas projeções ortogonais.

Porém, aquilo que mais preocupa os arquitetos conservadores nos últimos anos não é apenas o fato de que os recursos computacionais possibilitam a exploração de novas formas, mas que elas são geradas a partir de comandos não contaminados por conceitos pré-estabelecidos por eles. A ideia de aceitar formas complexas, geradas por processamento matemático, que não possuem a nitidez e a clara separação de elementos no espaço, parece inconcebível e incompreensível para os mais conservadores, ou para aqueles que não conseguem extrair das novas tecnologias sua própria arquitetura. Por outro lado, é importante ponderar que o descontrole sobre a complexidade tem, em alguns casos, promovido uma confusão visual que não contribui para a qualidade da arquitetura. Daí decorre a urgente necessidade de entender a complexidade da nova possibilidade de projetar formas e espaços em arquitetura a partir do uso das novas tecnologias, e sobretudo, entender em quais situações esse recurso é válido e adequado.

A introdução de transformações topológicas computacionais sobre formas tornou possível fundir elementos dentro de um processo de continuidade e de diferenciação, que deu origem a uma diluição dos limites. A consequência disso foi a criação de espaços orgânicos e heterogêneos, cujas superfícies não podem ser reduzidas a uma mera descrição geométrica simples. Assim, o que se

percebe é que os arquitetos ultrapassaram as antigas dificuldades em descrever geometricamente as formas orgânicas e amorfas.

As formas puras sempre serviram para classificar e controlar sua disposição no espaço, assim como para promover a tranquilidade de sua apreensão e sua percepção visual, facilitando assim sua construção. A disposição clara de formas ortogonais e paralelas no espaço dava controle ao arquiteto sobre como ordenar visualmente os elementos construtivos que delimitam os espaços. Contudo, a partir de modelagem geométrica, trazida pelos programas gráficos computacionais, foi possível investigar formas “impuras”, não ortogonais, que trazem instabilidade no olhar.

Um dos arquitetos que percebeu mais claramente o impacto das novas tecnologias da informação na concepção da arquitetura contemporânea foi Peter Eisenman. Esse polêmico arquiteto percebeu que os novos recursos computacionais poderiam operar na complexidade, poderiam desestabilizar o olhar e promover um novo modo de atuar com formas e espaços em arquitetura. Para atingir esse propósito, Eisenman estabeleceu alguns conceitos a partir dos quais propõe uma nova maneira de lidar com formas híbridas, decorrentes da manipulação topológica de formas no espaço.

Entre os conceitos, o processo de *blurring*, estabelecido por Eisenman, é definido por um entrelaçamento e deslocamento que permite a destruição da clareza e extração do figural, ou seja, a grande complexidade visual resultante impede que se tenha uma relação entre figura e fundo. Para o arquiteto, a intenção principal da sobreposição de imagens é “borrar” e destruir a clareza nas relações entre forma / função entre significado / estética que foram produzidos no primeiro diagrama funcional. Desde então, outros arquitetos se aventuraram na exploração dessa complexidade espacial trazida pelos recursos computacionais.

Portanto, a diluição de contornos, propiciada pela continuidade de formas curvilíneas e complexas, “borra” a nitidez das formas, alterando nossa capacidade de percepção visual. O conceito de *blurring* (borrar) está assentado na ideia de diluir a distinção entre elementos. Em termos de arquitetura, é a tentativa de fundir a distinção entre elementos programáticos, conceito de grande importância na definição de formas complexas. A intenção é fazer com que os elementos arquitetônicos, que antes estavam claramente e separadamente dispostos, sejam amalgamados, formando um todo contínuo. Com o amparo da modelagem paramétrica é possível explorar criativamente esse tipo de complexidade de formas amalgamadas no espaço. Conseqüentemente ocorre uma destruição dos limites que separam esses elementos, fazendo com que sejam fundidos, ou organicamente mesclados.

Diante da complexidade dos problemas em projeto, o arquiteto se vê obrigado a dividir o problema em partes menores. Os parâmetros contêm definições parciais do problema a ser enfrentado. Durante o processo de projeto o arquiteto se vê obrigado a avançar tanto pelo processo dedutivo, que vai do todo para a parte, como pelo processo indutivo, que vai da parte para o todo. Além disso, durante a articulação entre as variáveis contidas na modelagem paramétrica, os pequenos ciclos de pensamento abstrato→concreto→abstrato conduzem o encadeamento do raciocínio lógico do arquiteto, de modo a explorar diferentes aspectos do projeto, desde os técnico-construtivos, até os espaciais e funcionais.

Pela primeira vez na história que arquitetos estão projetando edifícios baseados em parâmetros e restrições contidos em *scripts*. Se por um lado a geometria sempre esteve presente na definição de formas e de espaços, por outro a definição da geometria, indiretamente, por meio de parâmetros, potencializa o processo, gerando infinitas possibilidades de criar novas formas com diferentes geometrias, euclidianas e não euclidianas. Diferentemente das “*vérites réconfortantes*” corbusianas, o desafio atual é com as incertezas inerentes a tantas escolhas possíveis, que cada vez mais devem ser pautadas por procedimentos plausíveis, decorrentes das circunstâncias específicas e das ações projetuais adaptadas e situadas em diferentes contextos.

É interessante notar que a racionalidade e a moral construtiva da era da máquina, tão defendida ao longo do século XX, com o nítido propósito de conduzir à produção em massa de habitações e de edifícios de interesses coletivos, no final do mesmo século iria se transformar na customização em massa por meios da alta tecnologia digital. Desde a década de 1990 tem se assistido a várias tentativas de industrializar a construção civil, mas não apenas com componentes padronizados e seriados, mas com componentes variáveis, decorrentes da atual possibilidade de projetar e de fabricar “famílias” de elementos arquitetônicos similares, mas levemente diferentes entre si. Logo se percebe que a hibridação e a complexidade decorrentes das novas possibilidades de criação, de manipulação, de gerenciamento de componentes construtivos parametrizados em modelos digitais enriquecem a arte de projetar e a arte de construir, abrindo um novo campo para exploração de formas e de espaços cada vez mais complexos e desafiadores de preceitos e ritos estabelecidos ao longo de toda a tradição arquitetônica.

Projetar a partir das novas tecnologias implica em rever o *modus operandi*, implica em questionar os cânones e os pré-conceitos enraizados na prática e no *habitus* dos arquitetos. A habilidade dos arquitetos de definir uma forma a partir de *scripts* regidos por parâmetros amplia sua capacidade



PROJETAR - 2015

Originalidade, criatividade e inovação no projeto contemporâneo:
ensino, pesquisa e prática. Natal, 30 de setembro a 02 de outubro.

imaginativa de buscar e organizar formas dinâmicas, não lineares, de um modo não determinista e criativo. Isso implica em alegar também que o processo de projeto em arquitetura deve renovar o interesse e o prazer da descoberta inesperada, com consciência e rigor crítico. Nesta direção, a modelagem paramétrica pode ajudar a deslocar conhecimentos “cristalizados”, pode auxiliar na exploração de novas formas e espaços a partir de conhecimentos acumulados por experiências passadas.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece o CNPq, pelo apoio financeiro à presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BÉDARD, Jean-François (Ed.). *Cities of Artificial Excavation*. Montréal: Centre Canadien d'Architecture/Canadian Centre for Architecture and Rizzoli International Publications, 1994.
- CORBUSIER, L.; JEANNERET, P. *Ouvre Complète 1910-1929*. Zurich: Les Éditions D'Architecture, 1943.
- FLORIO, W. *O uso de ferramentas de modelagem vetorial na concepção de uma arquitetura de formas complexas*. Doutorado (Tese em Tecnologia da Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2005.
- _____. Contribuições do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3, 2007, Porto Alegre. *Anais ...* Porto Alegre, UFRGS, 2007, p. 1-12.
- _____. Modelagem Paramétrica no Processo de Projeto em Arquitetura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, SBPQ 2009, São Carlos. *Anais...* São Carlos: USP, 2009, p. 571-582.
- _____. Notas sobre pensamento e cognição em projetos paramétricos. Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2, 2012, Natal. Teorias e práticas na Arquitetura e na Cidade Contemporâneas. *Anais ...* Natal: PPGAU UFRN / ANPARQ, 2012, p. 1-20.
- _____. Modelagem Paramétrica de Projeto Destinado a Abrigo de Emergência. Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 6, 2013, Campinas. *Anais ...* Porto Alegre: ANTAC, 2013, p. 461-472.
- GLEICK, J. *Caos: a criação de uma nova ciência*. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1989.
- KOLAREVIC, B. (Ed.). *Architecture in the digital age: design and manufacturing*. New York: Spon Press, 2003.
- LATOURE, B. *Jamais Fomos Modernos: um ensaio de antropologia simétrica*. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1994.
- LEE, G.; SACKS, R.; EASTMAN, C. Specifying parametric building object behavior (BOB) for a Building Information Modeling system. *Automation in Construction*, v. 15, n. 6, p. 758-776, 2006.
- LYNN, G. *Folds, Bodies & Blobs: collected essays*. Bélgica: La Lettre Volée, 1998.
- ROWE, Colin. *The Mathematics of the Ideal Villa and Other Essays*. Cambridge: The MIT Press, 1976.
- VENTURI, R. *Complexidade e Contradição em Arquitetura*. São Paulo: Martins Fontes, 1995.
- WITTKOWER, R. *Los fundamentos de la arquitectura en la edad del humanismo*. Madrid: Alianza Editorial, 1995.
- WOODBURY, R. *Elements of Parametric Design*. Abingdon, Oxon: Routledge, 2010. 300 p.