

Bruno Figueiredo

Computação e síntese de projecto: modelos computacionais como instrumentos metodológicos no ensino de projecto

O recurso a modelos computacionais como ferramentas de auxílio ao ensino de projecto é um assunto ainda pouco debatido e sem expressão nos currículos dos cursos de Arquitectura em Portugal. Este artigo discute alguns tópicos que clarificam a sua pertinência, nomeadamente, a metodologia inerente ao desenvolvimento de modelos computacionais no auxílio à geração de soluções de projecto, e a sua contribuição para uma síntese de projecto.

Pretende-se demonstrar que a utilização de ferramentas digitais, em geral, e modelos computacionais em particular, não implicam uma ruptura metodológica e conceptual no processo de definição de projecto, mas uma transformação evolutiva desta mesma metodologia pelo aumento de recursos que disponibiliza no tratamento, organização e avaliação do conhecimento que os arquitectos têm sobre os princípios do projecto.

Representação e descrição de conhecimento – métodos para a síntese de problemas de projecto

O recurso a esquemas e diagramas que representam o processo de projeto e os momentos em que se tomam determinadas decisões em detrimento de outras é recorrente enquanto metodologia de investigação de projecto.

Os métodos e representações hierárquicas de projecto são apresentados por Peter Rowe como processos para o planeamento de problemas espaciais, nos quais se definem e subdividem problemas maiores em sub-problemas em que se aplicam estratégias e procedimentos mais específicos.

Rowe (1987, p.67) descreve duas grandes categorias de métodos de planeamento de problemas espaciais. Os métodos *top-down*, de decomposição hierárquica, e os métodos *bottom-up*, de decomposição-recomposição hierárquica. No primeiro, propõem-se uma ideia de forma e função como um sistema uno, a partir do qual se desenvolvem áreas em pormenor¹ (Mitchell, 1990, p.230).

Nos métodos *bottom-up*, existe uma extensa descrição inicial da estrutura inerente aos problemas de projecto e sua decomposição em sub-problemas. Segundo Christopher Alexander (1964, p.84) este procedimento enumera um conjunto de princípios de projecto ao invés de declarar um único princípio organizador (*fig.1*). Os sub-problemas, inicialmente isolados, são recombinações de acordo com as informações que os relacionam, para definirem um único de projecto (que inclui todos os princípios a este subordinados).²

A representação hierárquica dos problemas de projecto, e dos seus vários níveis de decisão, contribui para a percepção do conhecimento existente sobre as partes do projecto e respectivas relações. Apesar do conhecimento ser anterior à sua representação, estes processos auxiliam à sua sistematização, no sentido de relacionar princípios, cuja diversidade e complexidade – inerentes à Arquitectura – dificultam a explicitação e uso desse mesmo conhecimento.

A síntese de projecto é um processo complexo que envolve o esforço de (auto)argumentação e definição de princípios baseados em diferentes áreas de conhecimento (geometria, física, economia e ciências sociais, etc.). No desenvolvimento de um discurso sobre

o projecto, é necessário estabelecer um sistema conceptual que adopte uma estratégia de segmentação os elementos arquitectónicos em partes e atribuir uma nomenclatura específica a esses mesmos elementos.³

Segundo William Mitchell (1990, p.24), o processo de segmentação dos elementos de composição arquitectónica em partes, atribui uma nomenclatura específica e obriga à definição de um vocabulário⁴, suficientemente extenso, que diferencie partes, relações simbólicas e relações funcionais. Este vocabulário permite a descrição do projecto em diferentes formatos – textos, diagramas, desenhos ou códigos informáticos, que podem ser expressos em termos matemáticos ou algorítmicos.

Computação e Arquitectura

A computação pode ser entendida como uma série de processos racionais, lógicos, algorítmicos, dedutivos e indutivos, cuja estrutura e sistematização explora a possibilidade de obtenção de soluções para um determinado problema. Eminentemente abstractas, estas estruturas, nas suas várias implicações, envolvem a resolução de problemas, estruturas mentais, cognição, simulação e inteligência baseada regras, entre outras (Terzidis, 2006, p.XI).

Se no parágrafo anterior substituirmos a palavra computação por processo de projecto, percebemos que a afirmação continua válida. O processo de estruturação do conhecimento de projecto pode ser em si mesmo, uma estrutura para um modelo computacional.

A utilização de processos racionais, lógicos e matemáticos no processo de projecto não origina de concepção de objectos arquitectónicos desprovidos de carácter estético ou vontade formal. Esta afirmação pode ser suportada por dois argumentos: pela história da arquitetura e pela capacidade de emergência que os sistemas computacionais podem introduzir nos projectos.

Por um lado, a tratadística da Renascença, nomeadamente o tratado de Alberti – *De Re Aedificatoria*, em que as descrições de proporções entre os vários componentes dos edifícios e os sistemas de colunas podem ser pensados como um conjunto de relações algorítmicas cuja finalidade é construir princípios arquitectónicos inteligíveis. Ou ainda, os modelos arquitectónicos implícitos aos princípios racionalizadores da Carta de Atenas (CIAM, 1933), são exemplos paradigmáticos da incorporação de sistemas de proporções e relações morfológicas passíveis de serem descritos por meios computacionais e algorítmicos.

A tradução de prerrogativas de projecto em algoritmos e modelos computacionais pode colaborar na estrutura do conhecimento que existe sobre este, e consequentemente na sua síntese. Para que os arquitectos usem modelos computacionais como instrumentos auxiliares na procura de soluções de projecto têm que: a) saber descrever os princípios de projecto na semântica da lógica formal, considerando funções, estruturas de dados e variáveis, operadas por declarações imperativas, condições e iterações (fig.2); b) dominar a semântica de linguagens de programação e a sintaxe de uma linguagem, através das quais implementam as descrições de projecto em código. Ambas condições são necessárias à implementação de um programa informático que replique o pensamento de projecto.

Como exemplo, na fig.3 mostra-se um diagrama que sintetiza três características arquitectónicas de uma proposta de projecto – definição da área de implantação, fachada e localização dos vãos exteriores, as suas relações. Este diagrama representa um modelo computacional implementado por meio de Programação Orientada por Objectos, um paradigma de programação que permite codificar o conhecimento sobre objectos e componentes arquitectónicos, por módulos ou classes, e em simultâneo estabelecer relações de interdependência entre as suas estruturas de dados, variáveis, funções e classes de objectos, e deste modo, expressar princípios de projecto.

Modelos computacionais de formação, geração e performativos

Rivka Oxman (2008) descreve uma terminologia que classifica e sintetiza os modelos, as tecnologias e as técnicas mais relevantes na integração de um pensamento computacional em Arquitectura: modelos de formação, modelos de geração e modelos performativos.

Os modelos de formação partem da transformação do conceito de forma em formação, utilizando conceitos de dinâmica e heterogeneidade da topologia e introduzindo uma coerência que supera modelos restritos a variações geométricas. Estes modelos recorrem ao desenho paramétrico e geometrias associativas para descrever relações entre objectos e estabelecer interdependências que influenciam o comportamento dos objectos.

O trabalho dirigido por Mark Burry⁵ como consultor do projecto para a conclusão da catedral Sagrada Família é desenvolvido (desde 1989) com o recurso a modelos paramétricos e geometrias associativas. Estes modelos são informados por uma base de dados que contém todas as informações geométricas da catedral, desenhos parciais de Antoni Gaudí e um levantamento tridimensional do existente. Dada a complexidade geométrica e implicações formais dos elementos pré-existentes, sem o recurso a ferramentas e métodos computacionais de parametrização geométrica, seria praticamente impossível continuar a construção da Catedral assegurando a sua continuidade formal.

Os modelos de geração implementam sistemas computacionais para a criação de processos generativos. As formas e objectos resultam de um processo pré-formulado. As gramáticas da forma são um dos primeiros sistemas algorítmicos para a geração de formas (ou geometrias), passível de ser aplicado por computação. As gramáticas da forma são definidas por George Stiny (1980) no artigo *Introduction to shape and shape grammars* como sendo um conjunto de regras, que aplicadas passo a passo descrevem linguagens para a obtenção de projectos já existentes, ou criar linguagens originais que permitam a geração de formas bidimensionais ou tridimensionais.

Um exemplo simples, mas elucidativo da capacidade generativa das gramáticas da forma é dado por Mitchell (1990, p.148), ao apresentar uma gramática da forma para a geração da planta do Museu de Crescimento Infinito de Le Corbusier (1939) (fig.4). Esta gramática é composta por duas regras, uma regra que copia uma forma inicial aplicando-lhe operações de translação, rotação e homotetia em simultâneo, e uma regra final que apaga a etiqueta que indica a direcção da transformação. O processo de derivação

da planta do museu, pela aplicação recursiva da primeira regra, mostra o poder generativo desta metodologia de projecto.

Os modelos performativos são modelos computacionais que simulam e avaliam o comportamento de objectos arquitectónicos. Estes modelos, inicialmente desenvolvidos para o estudo da performance (estrutural, térmica, acústica, etc.), têm evoluído no sentido de incorporar possibilidades de geração, indicando uma mudança de simulação analítica para simulação de síntese e geração. Modelos em que a optimização da performance dos edifícios é o mecanismo de geração e modificação do projecto (Oxman and Rosenberg, 2007; Oxman et al., 2007).

A estrutural inicial do projecto *Hylomorphic* (Leuppi et Shea, 2008, p.28) é gerada a partir de uma forma inicial adaptada a condições específicas. O processo de geração baseia-se na aplicação de um algoritmo, desenvolvido pela Engenheira Kristine Shea, que procura uma solução estrutural óptima para um conjunto estrutural em treliça – o *shape annealing*. Neste projecto, o modelo computacional relaciona a topologia da forma e a geometria dos seus elementos estruturais, de modo a gerar uma solução óptima entre a performance estrutural, quantidade de cargas e a quantidade de material utilizado.

A segmentação de modelos computacionais apresentada por Oxman representa uma variedade de modelos que auxiliam a procura soluções para problemas específicos. A esta síntese, está inerente a ideia de que a integração de modelos computacionais no processo de projecto não introduz um pensamento computacional holístico, mas o entendimento de que complementa os instrumentos que os arquitectos habitualmente dominam.⁶

Modelos computacionais como instrumentos metodológicos no ensino de projecto

José P. Duarte e José N. Beirão (2011) descrevem experiências de integração de gramáticas da forma como metodologias de ensino de projecto⁷ realizadas nos anos lectivos de 2002/03 e 2003/04. Casos singulares no panorama do ensino de projecto em Portugal, estes cursos centraram-se no ensino de padrões urbanos e gramáticas

da forma enquanto metodologias de apoio à concepção e síntese de projecto de desenho urbano para a obtenção de um sistema de soluções alternativas, ao invés, de uma única e definitiva solução.

Um dos exercícios descrito no artigo, propõe a análise de planos urbanos de referência para a inferição de quatro níveis de regras, correspondentes a quatro escalas de desenho. As regras colaboravam-na: definição de pontos e eixos de referência do território; geração de grelhas urbanas (fig.5); geração de unidades na malha urbana, bairros, quarteirões, lotes e volumetrias; e à definição material do espaço urbano e volumetrias.

As propostas de projecto resultantes da aplicação sistemática das regras foram bem sucedida para a geração de planos urbanos com soluções formalmente não determinísticas, e em simultâneo, consistentes na definição de uma linguagem espacial.

As regras desenvolvidas pelos estudantes não foram traduzidas em código máquina legível por computadores, mas constituem aproximações algorítmicas para a geração de formas. A necessidade de representar e descrever um conjunto de regras de transformação formal, estruturadas segundo um sistema de relações hierárquicas, define uma metodologia de projecto consistente e consciente na procura de soluções de projecto.

Neste caso, o recurso a gramáticas da forma, na metodologia de ensino de projecto, baseado em modelos computacionais, estimula a aquisição de ferramentas que auxiliam à síntese de estruturas de conhecimento, definição de sistemas de pensamento e princípios geradores de projecto.

Em síntese, a integração de modelos computacionais em Arquitectura não desvincula o arquitecto do processo criativo e sobretudo não introduz uma ruptura metodológica. Pelo contrário, pela definição de modelos síntese que operam na emergência dos algoritmos presentes nos princípios de projecto, reforçam o conhecimento sobre o projecto. A mudança não está no conhecimento de projecto, mas no modo como este é tratado, organizado e avaliado. É esta noção que também importa explorar no uso modelos computacionais no ensino de projecto.

1 → Nos processos de decomposição hierárquica o problema inicial subdivide-se em sub-problemas, repetindo-se o processo o número de vezes necessárias até que todos os princípios base estejam contidos na árvore de conhecimento do projecto.

2 → Em *Notes on the Synthesis of Form*, Christopher Alexander (1964) descreve processos para resolução de problemas de projecto que são na sua essência métodos para a síntese de problemas espaciais semelhantes a uma abordagem bottom-up. Alexander propõe como exemplo, o caso de uma aldeia índia em que os princípios de organização do espaço são ditados pelas actividades da comunidade – hierarquias sociais, relações de privado/público, referências simbólicas, etc., para a definição de sub-problemas.

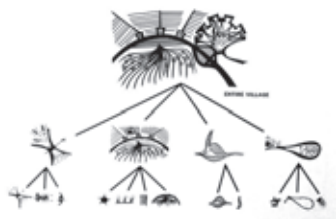
3 → Ainda que este processo não seja estritamente racional, a capacidade de descrição destes princípios auxilia à construção do discurso de projecto inteligível. A tradição da arquitectura clássica é um exemplo desta característica, onde sistemas standard de nomeação e segmentação (Mitchell, 1990, p.24) contribuem para o estabelecimento de um quadro conceptual e descritivo dos princípios arquitectónicos.

4 → Este vocabulário, necessário à descrição de projecto, é expresso pela atribuição de valores a variáveis de uma estrutura de dados, pela construção de um conjunto princípios lógicos e respectivas notações, ou através de uma descrição textual.

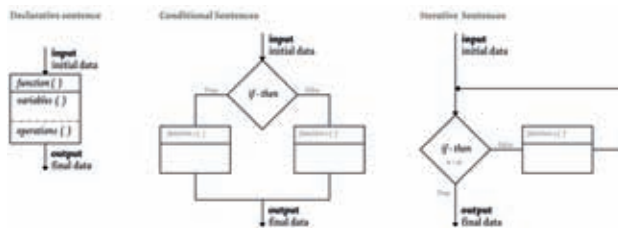
5 → em: <http://sagradafamilia.sial.rmit.edu.au/>

6 → Esta noção opõe-se à perspectiva em que os modelos computacionais são capazes de responder simultaneamente a todos os problemas de projecto, e no exacerbar das suas capacidades, e substituir a figura autoral do arquitecto.

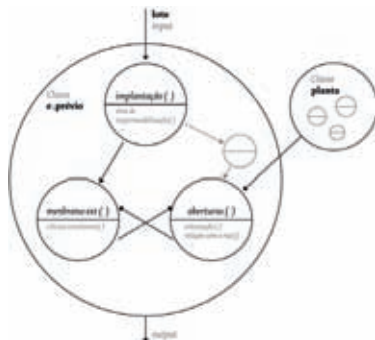
7 → Unidade curricular de Projecto V, 5ºano do curso de Arquitectura, Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, anos lectivos de 2002/03 e 2003/04.



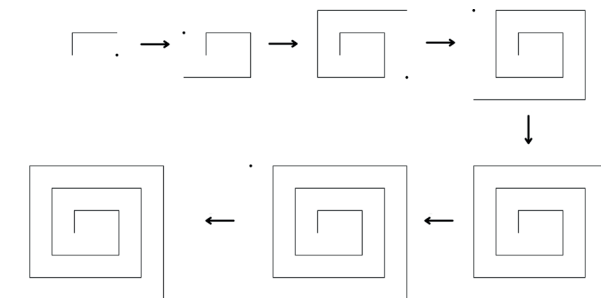
1. Diagrama de processo bottom-up para a organização de uma aldeia na Índia (Alexander, 1964, p.153)



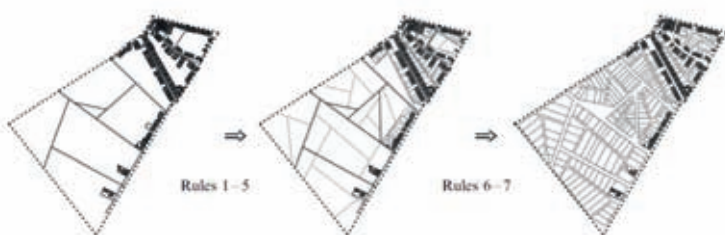
2. Diagramas de operações de lógica formal que sintetizam operações de projecto.



3. Diagrama que representa a aplicação de Programação Orientada por Objectos a um modelo computacional de projecto, onde se percebem as relações de interdependência das várias classes de objectos.



4. Derivação da planta do Museu de Crescimento Infinito pela aplicação recursiva de uma única regra (Mitchell, 1990, p.148).



5. Derivação de dois núcleos de quatro blocos pela aplicação de regras de adição (Duarte e Beirão, 2011, p.900).

Referências bibliográficas

Alberti, L. B. (2011). *Da Arte Edificatória*. Arnaldo Espírito Santo. trans. intr. and notes by Mário Júlio Teixeira Kruger. Lisbon: Calouste Gulbenkian Foundation [1485].

Alexander, C. (1964). *Notes on the Synthesis of Form*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Duarte, J. P. (2009). Inserting New Technologies in Undergraduate Architectural Curricula A Case Study. *Proceedings of the 27th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe*. eCAADe 2009, Istanbul, 423–430.

Duarte, J. P., Beirão, José N. (2011), Towards a methodology for flexible urban design: designing with urban patterns and shape grammars, *Environment and Planning B: Planning and Design*, volume 38, 879–902.

Kostas, Terzidis (2006). *Algorithmic Architecture*. Oxford, England: Elsevier.

Leuppi, J., Shea, K. (2008). The Hylomorphic Project. *The Arup Journal*, 1,17–21.

Mitchell, W. (1990). *The Logic of Architecture: Design, Computation and Cognition*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Oxman, N. and J. L. Rosenberg. (2007). Material-based Design Computation: An Inquiry into Digital Simulation of Physical Material Properties as Design Generators. *International Journal of Architectural Computing* (IJAC). 5(1): 26–44.

Oxman, R. (2008). Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. *Design Studies*, 29(2), 99–120.

Rowe, P. G. (1987). *Design Thinking*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Stiny, G.(1980). Introduction to shape and shape grammars, *Environment and Planning B: Planning and Design*, Volume 3, 343–351.

Stiny, G.(1981). A note on the description of designs, *Environment and Planning B: Planning and Design*, Volume 8, 257–267.

Stiny, G., Gips, J. (1972). Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture, *Information Processing* 71, 1460–1465.

Tavernor, R., (1998). *On Alberti and the Art of Building*. New Haven, Connecticut : Yale University Press.

<http://sagradafamilia.sial.rmit.edu.au/>