

# INTEGRAL ENVELOPES

Gonçalo Castro Henriques

Universitat Internacional de Catalunya –Escola Superior de Arquitectura (UIC-ESARQ)

Rua Carlos da Maia, 100, 4200-150 Porto, Portugal

gch@x-ref.org | www.x-ref.org

Carlos De La Barrera

Universitat Internacional de Catalunya - Escola Superior de Arquitectura (UIC-ESARQ)

Carrer Almirant Serverá 1 5ta 1era, 08003 Barcelona, Espanha

delab77@hotmail.com | www.x-ref.org

## Abstract

### *Integral envelopes*

*The objective of this research is the artificial distinction between skin and structure through the development of an envelope System that integrates structural and Environmental performances. The envelope will be highlighted as a filter mediating micro and macro environmental conditions. The starting point will be the observation of a natural/ biological example in which the distinction between structure and skin is dissolved, using it in a new instrumental way. Furthermore, it will be developed a new generative System through the application of parametric design. The new design will be constructed through the use of CNC machinery (CAD-CAM).*

*Keywords: mass customization, CAD-CAM, parametric design, evolutionary design, CNC machinery.*

## 1. Enquadramento teórico

### 1.1. O paradigma tecnológico e as repercussões na arquitectura

O crescente uso de tecnologia digital tem vindo a introduzir profundas mudanças no modo de pensar e construir arquitectura. Quando há profundas alterações tecnológicas, como aconteceu na revolução industrial, os instrumentos, a lógica de produção e de mercado alteram-se para lhes responder. Assim na época designada por “Fordismo” (tipo de produção industrial em massa, introduzida por Ford nos EUA, baseada nos conceitos de série e especialização produtiva), o ênfase era posto na standartização e repetição de elementos, cuja produção em série assegurava a competitividade, e sobrevivência na economia de mercado. Com a presente revolução, a da era da informação, é inevitável que o modo de conceber e fabricar a arquitectura se altere.

Até há pouco tempo, nos anos 80, com a introdução do computador na arquitectura, o uso dos programas de desenho assistido por computador (CAD - computer assisted design), era classificado com cepticismo pela maioria dos críticos, que viam no seu uso apenas uma substituição do trabalho “braçal” e físico do estirador. Não se imaginava que eles trariam novas ferramentas

de concepção, como aconteceu. Quando a representação tridimensional surgiu, esta produzia apenas imagens atractivas, capazes de simular e copiar a realidade. Com o avanço da modelação tridimensional passaram-se a criar utopias, distantes da realidade, sem qualquer lógica de construção/produção, correspondendo apenas a “delírios tecnológicos” inatingíveis. Esta situação alterou-se profundamente a partir do momento em que às ferramentas de modelação se associou o uso de máquinas de controlo numérico (Computer Numeric Controlled Machines). Estas máquinas recebem a informação de forma binária dos computadores, executando-a depois através de vários processos. Tornou-se, assim, possível pensar e executar formas num sistema integrado CAD-CAM (Computer Assisted Design e Machinery), totalmente digital.

Este tipo de produção integrada já foi implementado com êxito em inúmeras indústrias como a naval, automóvel, e de aviação. A primeira construção de arquitectura a usar esta filosofia foi a escultura “o peixe”, desenhada para o Jogos Olímpicos de 1992 em Barcelona, que permitiu ao autor usá-la de forma mais ampliada em edifícios posteriores, à qual se seguiram inúmeras obras por Gregg Lynn, Kas Osterhuis, Bernhard Franken, e outros (Castro Henriques, 2005. Disponível em: [http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq060/arq060\\_03.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq060/arq060_03.asp)).

Todas estas alterações colocam-nos no limiar de uma revolução: a partir do momento que as formas desenhadas são transmitidas e executadas por uma máquina, o custo de 1000 peças diferentes e iguais é o mesmo. Introduz-se, assim, uma lógica de produção que poderíamos designar por “Mass Customization” (Kolarevic B, 1999) em oposição à *mass production*.

### 1.2. Mass customization e a nova definição geométrica

A produção em série ganha assim uma nova lógica, bem como a concepção ligada às novas capacidades e ferramentas do próprio Software. Um dos conceitos emergentes, directamente relacionado com a transmissão de dados, é o Desenho Paramétrico. Este tipo de Desenho baseia-se no desenvolvimento formal de acordo com relações geométricas. Os parâmetros de um objecto são determinados, não a sua forma final. Atribuindo vários valores podemos obter diversas configurações de uma mesma família de objectos, conforme procurarei demonstrar no projecto apresentado.

A geometria usada é associativa, estabelecendo relações: um objecto não é definido pelas suas dimensões e coordenadas absolutas ou Cartesianas, mas através de equações matemáticas que relacionam diversas características e relações internas. Ao atribuir um valor a um parâmetro toda a forma se ajusta e adequa. Um exemplo concreto deste tipo de desenho é-nos dado pela engenharia mecânica, no desenvolvimento de um motor: ao alterar o valor do diâmetro de uma roda dentada, todos os mecanismos a ela associados se adaptam automaticamente.

### 1.3. Computação e biologia evolutiva

O novo tipo de desenho está directamente relacionado com vários campos de investigação aos quais se tem associado o computador como vínculo de cálculo da matemática aplicada, tais como a inteligência artificial e as teorias dos caos ou da complexidade, das quais nos interessa destacar o papel na biologia evolutiva (bioinformática).

No início do século o zoologista Escocês D’Arcy

Thompson foi pioneiro na aplicação de métodos que permitiram comparar a morfologia e a evolução de um organismo, estabelecendo entre eles padrões matemáticos. Para tal usou uma grelha flexível, à qual associou determinados pontos, encontrando relações entre determinadas formas através da deformação das grelhas, afirmando:

“forms are related to others if one can be deformed into an other by Cartesian transformation of coordinates (...) (Thompson, 1961)” Este tipo de análise também permitiu a comparação entre espécies, e perceber até que ponto é possível a sua ligação evolutiva. A natureza adquire assim um carácter dinâmico, em permanente adaptação e um reflexo das forças que neles actuam.

## 2. Metodologia

O objectivo deste estudo foi questionar a separação existente entre a estrutura de suporte e a superfície de protecção ou limite de um espaço interior e o desenvolvimento de um invólucro que integrasse, simultaneamente, capacidades estruturais e ambientais. Procurou-se, depois, desenvolver - partindo da quantificação e análise geométrica de um organismo - um sistema de desenho evolutivo. Evolutivo no sentido em que, alterando os parâmetros aplicados, a forma adquira diferentes configurações físicas ou fenótipos de acordo com informação hereditária do genotipo, neste caso um algoritmo matemático (Hensel e Menges, 2004).

Posteriormente, estes ensaios traduziram-se em modelos, materializados graças a um sistema de fabricação integrado, do tipo CAD-CAM. A informação digital foi transmitida a uma máquina de corte, através de linguagem numérica sendo assim executados os modelos.

O estudo é relevante porque relaciona várias matérias, num âmbito multi-disciplinar, tendo em comum o uso da matemática e da computação e envolvendo a geometria, o desenho paramétrico e a biologia evolutiva.

Insera-se, assim, num processo de pesquisa de soluções arquitectónicas inovadoras, interactivas, que respondam de forma mais adequada ao meio, adaptando-se e antecipando uma determinada inteligência artificial.

Este estudo teve a orientação de Achim Menges, Jordi

Truco e Sylvia Felipe, na UIC.

### 3. Desenvolvemento

Foi escolhida uma espécie natural de entre as várias propostas pelos orientadores, onde a distinção entre pele e estrutura se dilui. Essa espécie é um organismo microscópico marinho, da classe dos protozoários, designada por *Spumellarian Radiolaria*.

A partir da análise fotográfica do exemplo apresentado, definiu-se a geometria base de um dos módulos da sua pele estrutural, traduzindo-se a mesma num conjunto de expressões matemáticas. Esta parametrização permitiu o desenvolvimento de um sistema independente e com leis matemáticas próprias, e não uma simples mimesis de uma forma natural.

Posteriormente, variou-se o coeficiente que relaciona diferentes variáveis, atribuindo-se parâmetros às mesmas. Observaram-se os resultados, classificando alguns tipos de famílias de acordo com as variações ocorridas com a forma. Experimentaram-se, então, ligações simples entre os elementos da mesma família.

Procurou-se, depois, relacionar os diferentes tipos de famílias, criando transformações ligando as diferentes espécies. Tornou-se, assim, possível criar um “morphing” formal, capaz de relacionar os diversos exemplares obtidos de forma sequencial. Depois de obtida a sequência, é possível introduzir tantos elementos entre as famílias quanto o desejado, atribuindo simplesmente mais parâmetros.

Analisando os resultados, efectuou-se uma pesquisa mais aprofundada sobre “desenho evolutivo”. Em biologia, utiliza-se o termo crescimento alométrico para referir o crescimento desigual de diferentes partes do organismo. Com o auxílio da matemática podem-se estabelecer comparações entre um elemento de uma espécie, e de outra estabelecendo a evolução da morfologia (Thompson, 1961) - desde que assegurada uma amostra significativa de dados para o fim comparativo - podendo, posteriormente, ser concebidas fases evolutivas entre eles. Pode-se, também, perceber o crescimento do corpo em diferentes taxas dentro da mesma espécie ao longo da ontogénese (ossos e músculos, por ex.).

#### 3.1. Primeiro modelo de CNC, transição linear

Após o desenvolvimento desta ligação entre as diversas famílias foi criado um modelo digital, directamente transmitido a uma máquina de controlo numérico (máquina de 3eixos, propriedade da ESARQ-UIC) que cortou e executou o modelo.

A forma materializada, executada em aglomerado de alta densidade (MDF), iniciava com uma família (A), passando pela família (B) e terminando na família (C). Na primeira família, a componente estrutural é maximizada, sendo na última favorecida a protecção face ao exterior e o controlo ambiental de luz. Desta maneira foi possível com uma família de formas modelar uma grelha com diferentes capacidades estruturais e ambientais.

#### 3.2. Segundo modelo de CNC, transição radial aleatória

Neste modelo foi ensaiada uma combinação radial de conjuntos de 7 das diferentes famílias (A, B, C). Enquanto no primeiro modelo a combinação era linear numa direcção, este desenvolveu-se em várias direcções, a partir do núcleo central, de forma linear mas aleatoriamente. Os espaços em branco correspondem a situações em que as formas não encaixavam no grupo próximo sem se sobrepor.

#### 3.3. Terceiro modelo de CNC, superfície com curvatura

Neste desenvolvimento, utilizaram-se várias espécies da família (A), que criam uma superfície tridimensional com curvatura. Depois de obtidas as formas de A1 a A10 criaram-se conectores para cada uma. Como estes estavam directamente relacionados com a forma que os origina, ao ligar diferentes planos, foi obtida uma superfície curva inicial e outra de dupla curvatura.

Com este exemplo, procurou-se demonstrar as possibilidades de adaptação global do conjunto a partir de manipulações locais. Com o uso de uma só geometria, à qual se atribuíram diferentes parâmetros, obteve-se uma forma rica e variada, como em muitos processos naturais em que um conjunto de processos simples gera

resultados complexos. (Hensel e Menges, 2004)

**4. Conclusão**

No limiar da era digital, surgem novas ferramentas a explorar, e deve existir um esforço para testar e compreender as suas próprias leis, antes de se fazer um juízo dogmático. Procurou-se, através de um exemplo simples, mostrar as potencialidades de um sistema integrado CAD-CAM. Foi também, assim, possível ganhar um entendimento operativo de sistemas estruturais, que podem informar pesquisas arquitectónicas futuras, envolvendo diversas disciplinas como a inteligência artificial, a biologia, a matemática e a geometria avançada.

No futuro, pretende-se desenvolver a aplicação dum sistema estrutural numa escala maior, introduzindo outras variáveis, no intuito de criar um filtro capaz de articular micro e macro condições ambientais.

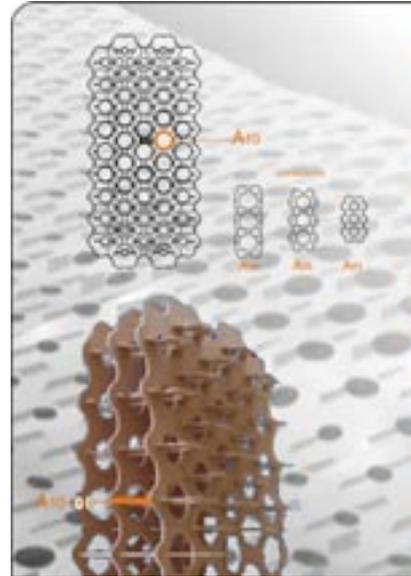


Figura 2: Modelos CNC, 1 e 2- transição linear; 3 crescimento radial aleatório; 4 Superfície de curvatura simples, usando conectores; superfície de dupla curvatura a desenvolver com maior profundidade.

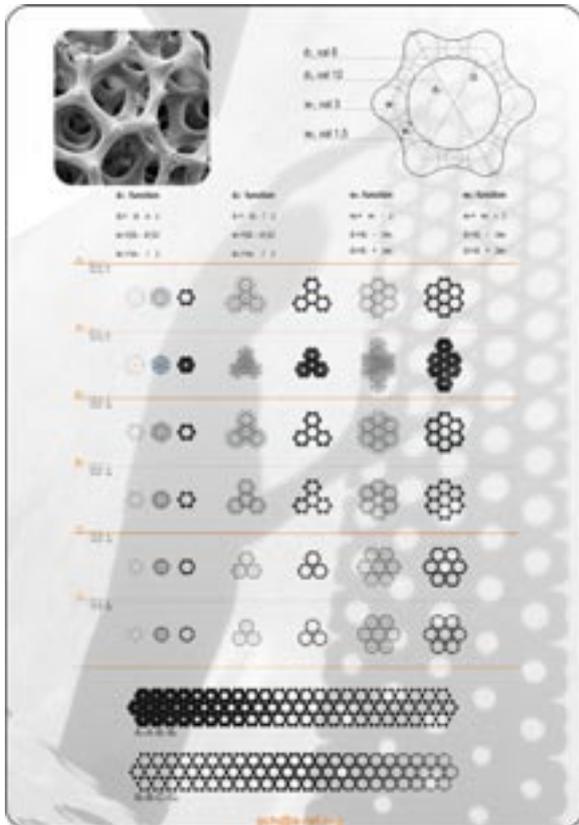


Figura 1: Relações paramétricas, regras de transição



Figura 3: Poster, resumo do trabalho Integral envelopes

## Referências

Castro Henriques, G. e L. Esteves. 2005. Novos Processos de Construção. *Arquitetura e Vida*. Número 42,

Kolarevic, B. 1999. *Designing and Manufacturing Architecture in the Digital Age*,

<http://www.upenn.edu/gsf>

Hensel, M. e A. Menges. 2004. *Weinstock - Emergence: Morphogenetic Design Strategies*. Southern Gate,

Chichester, west-Sussex: John Willey Sons Ltd.

Thompson, D'Arcy. 1961. *On Growth and form*. Cambridge: Cambridge University Press.