

RELATÓRIO DE UMA AULA TEÓRICO-PRÁTICA

**Introdução à razão e ser das formas arquitectónicas
resistentes.**

INTRODUÇÃO

A acção técnica do arquitecto enquadra-se num processo produtivo que envolve, cada vez mais, conhecimentos altamente qualificados exteriores ao saber disciplinar da arquitectura. Um desses conhecimentos, porventura o mais intimamente ligado com a concepção arquitectónica, é o relacionado com a estabilidade e a resistência estrutural das formas.

No decorrer da sua actuação projectual o arquitecto depara-se com dois tipos de problemas dependentes do conhecimento estrutural: o que se situa na fase inicial do processo criativo e o que ocorre numa fase posterior, em que a solução encontrada é continuamente testada e ajustada pelo confronto directo com a razão estática do sistema estrutural. Deste modo, o entendimento sobre o funcionamento resistente implica tipos de aprofundamento diferentes. Quando, no processo, se estabelecem e se organizam os principais parâmetros que estruturarão o desenvolvimento da solução, a intuição pelo fenómeno estrutural é parte integrante dos mecanismos de síntese projectual; quando a ideia arquitectónica já se encontra estabilizada, a sensibilidade pelas questões estruturais constrói um discurso capaz de dialogar com os técnicos especialistas, neste caso os da engenharia estrutural.

A solução estrutural encontrada poderá determinar significativamente a qualidade funcional, construtiva e formal do objecto construído. O modo como a composição arquitectónica integra o sistema estrutural pode ser diverso. No entanto podemos reduzi-lo a três situações paradigmáticas: primeiro, uma prioridade à forma, entendida nos seus aspectos de organização funcional e de envolvente exterior, subalternizando o papel dos elementos estruturais; segundo, um equilíbrio entre a forma estrutural e as funções programáticas, técnicas e expressivas da arquitectura; terceiro, a solução estrutural é pensada para ser ela própria geradora das outras funções, assumindo um papel expressivo preponderante.

Sucedem estas possibilidades de incorporar com maior ou menor visibilidade a estrutura no todo arquitectónico denotam sempre a presença de um conhecimento estrutural mínimo enraizado no saber do arquitecto.

É sobre o importante papel que o conhecimento das estruturas pode desempenhar na formulação e organização da hipótese projectual que o ensino da razão e ser dos elementos estruturais deve atender, pelo menos numa primeira fase da aprendizagem.

PLANO DA AULA

1 | Tema da aula e objectivos pedagógicos

O tema da aula – “Introdução à razão e ser das formas arquitectónicas resistentes” – insere-se na problemática da percepção estrutural como mecanismo potenciador e ‘estruturador’ de uma ideia de arquitectura. Sobre esta condição do conhecimento dos sistemas estruturais recorda-se Eduardo Torroja:

“Cada material tiene una personalidad específica distinta, y cada forma impone un diferente fenómeno tensional. La solución natural de un problema – arte sin artificio – óptima frente al conjunto de impuestos previos que la originaron, impresiona con su mensaje, satisfaciendo, al mismo tiempo, las exigencias del técnico y del artista. El nacimiento de un conjunto estructural, resultado de un proceso creador, fusión de técnica con arte, de ingenio con estudio, de imaginación con sensibilidad, escapa del puro dominio de la lógica para entrar en las secretas fronteras de la inspiración. Antes e por encima de todo cálculo está la idea, moldeadora del material en forma resistente, para cumplir su misión.”¹

Assim, o tema da aula procura dirigir a aprendizagem dos conhecimentos físicos e mecânicos dos elementos resistentes para um espaço onde se cruzem, quer alguns princípios básicos da física com o mundo físico aparente, quer a história das formas arquitectónicas com a cultura construtiva.

O propósito da aula será o de estimular nos alunos uma sensibilidade pelo mundo das formas arquitectónicas entendidas enquanto sistemas de elementos racionalmente organizados para cumprir uma das funções primordiais da arquitectura: um abrigo resistente e estável.

Nessa aproximação à razão e ser das estruturas não deverá ser esquecida a relação, sempre prioritária, entre a solução técnica óptima e sentido espacial e expressivo da arquitectura.

Deste modo, o teor programático da aula será alicerçado numa análise dos principais fenómenos físicos a que estão sujeitas as estruturas arquitectónicas evidenciando a relação entre matéria e forma.

Partindo do princípio que o conhecimento do comportamento da

¹ Torroja, Eduardo – “Razon y ser de los tipos estructurales”, Epígrafe.

matéria está presente de forma natural no pensamento projectual, o objectivo central da aula é criar uma familiaridade com os principais problemas estruturais no intuito de estimular a criação arquitectónica e, simultaneamente, a aferir dentro dos limites razoáveis da sua materialização.

A aula servirá também como trampolim para a inclusão de conteúdos mais avançados na formação da intuição estrutural. Referimo-nos concretamente aos conteúdos, mais específicos, transmitidos em algumas aulas da disciplina mas, sobretudo, os integrados no programa curricular da disciplina de “Sistemas Estruturais” do 4º ano onde estas matérias pressupõem já um domínio mínimo de teorias de cálculo.

2 | Metodologia.

Toma-se em linha de conta que esta abordagem ao desenho dos sistemas estruturais decorrerá num tempo em que o aluno ainda não está ainda familiarizado com alguns fenómenos físicos e mecânicos que ocorrem nos elementos e nos materiais de construção. A estratégia pedagógica passará por definir como objecto de análise formas facilmente reconhecíveis quanto ao seu funcionamento estrutural e que, no seu conjunto, evidenciem fenómenos estáticos que possam ser, imediatamente, trabalhados em projecto.

O instrumento privilegiado que irá ser utilizado para tornar compreensíveis os fenómenos físicos que se concentram nas estruturas será a *analogia*. Como sublinha Omer Akin, a analogia é uma ferramenta usualmente utilizada para a resolução de problemas projectuais em arquitectura:

“The power of analog representations used by the architect is based on the directness of their correspondence to reality, the accuracy with which they simulate objects and the evaluation of important design performance issues they enable, such as composition, contextual congruency, and constructability. This is why there has been such an emphasis on sketching, in architectural

education and practice”².

Assim, comparar-se-á algumas situações comuns no mundo que envolve a arquitectura com os fenómenos tensionais fundamentais que ocorrem nos principais tipos estruturais. Embora se utilize alguns casos onde a simplificação funcional dos fenómenos pode permitir uma apreensão mais eficaz – é o caso da escultura – será tomado como tema preferencial a lógica de funcionamento de alguns organismos biológicos.

A comparação de algumas estruturas de edifícios com as dos seres vivos remete-nos para a chamada *arquitectura biónica*. Na realidade, essa arquitectura não é mais do que uma estratégia de projecto que toma as soluções oferecidas pela ordem natural para elaborar a forma arquitectónica.

Evidentemente que este modo de proceder, quando próximo de um extremismo ecológico, parte de um princípio de verdade ética e física oferecida pelos organismos naturais cuja transposição directa para a realidade do projecto contemporâneo é bastante discutível. No entanto, a observação dos organismos biológicos, associada ao conhecimento tecnológico, produziu em vários momentos da história resultados interessantes para o enriquecimento das técnicas construtivas. De entre diversos exemplos, pode mencionar-se as famosas retículas trianguladas de Robert Le Recolais, as estruturas leves de Frey Otto e as analogias zoomórficas de Santiago Calatrava.

Mas a obra fundadora que fez despertar a curiosidade por esta questão da natureza como meio de conhecimento estrutural foi “*On the Growth and Form*”, escrita em 1917 por D’Arcy Thompson. O capítulo décimo sexto – “*On form and mechanical efficiency*” – que trata da optimização entre função e matéria nos organismos vivos, teve uma influência decisiva na constituição do racionalismo modernista sendo referido diversas vezes, quer por Mies van der Rohe, quer por Le Corbusier.

² Omer Akin é um estudioso da dimensão cognitiva do projecto. Refere ele que a *analogia* é uma ferramenta estratégica na montagem e resolução do problema em arquitectura; pelo contrário, a *simbologia*, encontra um interesse particular nas representações físicas e matemáticas uma vez que transforma, através de símbolos, o mundo real em abstracções, mantendo ou não as relações topológicas entre eles. AKIN, Omer – “*Variants in Design Cognition*”, p.5.

Independentemente do arquitecto recorrer a um imaginário de inspiração biológica como instrumento operativo na resolução técnica da forma, é possível – como demonstra Paolo Portoghesi em “*Natura e architectura*” – analisar os arquétipos da arquitectura fazendo-os corresponder a soluções encontradas no meio natural. Essa analogia pode ser utilizada como uma ferramenta válida porque, como diz o arquitecto italiano:

“A architectura assenta na terra e raramente permite ao homem dialogar com o céu. O facto que assenta na terra e que cresce como crescem as plantas ou os seres vivos, é algo que estabelece um forte vinculo entre a architectura e a natureza.

A architectura é um produto da mente humana, uma mente ordenadora que sempre tentou extrair do cenário da natureza leis e princípios”³

Deste quadro referencial o que interessa evidenciar é a possibilidade latente de se tomar como recurso pedagógico a analogia do natural enquanto processo de conhecimento. O estabelecimento de relações entre o fenómeno artificial, que é a arquitectura, e os processos biológicos do meio natural, pode constituir material didáctico de valor inestimável na transmissão de conhecimentos que impliquem, à partida, uma bagagem científica prévia mas inexistente – por exemplo – certas noções teóricas das ciências aplicadas.

Neste sentido, o recurso ao poder da imagem de certas formas naturais que, além do mais, podem ser experimentadas pelos alunos, constitui, provavelmente, uma ferramenta de trabalho adequada a uma primeira abordagem à problemática da ‘*razão e ser dos elementos estruturais*’ em arquitectura.

Por fim, não se pode ignorar o ponto de vista do docente que transmite esse conhecimento; no caso, não é um engenheiro de estruturas familiarizado com o pormenor e a profundidade comportamental da matéria. Num contexto de ensino da construção, leccionado por arquitectos, considera-se de interesse mútuo (docentes e discentes) que a aprendizagem decorra de um processo fundado numa mesma linguagem. Essa linguagem de compromisso passa por entender quais são os patamares de complexidade que devem ser transpostos

³ Portoghesi, Paolo – “*Arquitectura y naturaleza: arquetipos y semejanzas*”. p.11.

gradualmente e a sua eficácia na criação de uma metodologia projectual própria.

3 | Enquadramento no programa da disciplina.

A aula apresentada integra-se no programa da disciplina de Sistemas e Materiais de Construção do 3º ano estando por isso vinculada aos objectivos e à metodologia geral aí seguida.

Os objectivos da disciplina subordinam o critério geral da exposição da aula a apresentar, a *“uma incidência sobre a compreensão do objecto como corpo físico edificado [...] procurando que a gradual qualificação do desenho saiba transformar o discurso sobre os materiais e os sistemas construtivos numa componente essencial de projecto”*⁴. Esse será portanto o enquadramento conceptual da aula.

A natureza teórico-prática da aula implica também perceber o seu possível funcionamento dentro das características dos dois tempos estabelecidos na actual organização programática da disciplina.

O tempo prático é utilizado na realização de exercícios individuais cuja temática se divide por três áreas: a envolvente exterior de edifícios; as estruturas e as infra-estruturas técnicas; a caracterização do espaço interior. Este faseamento é finalizado com a elaboração de algumas peças desenhadas, ao nível de projecto de execução, de um edifício estudado em Projecto III. Esse trabalho final servirá para aferir a capacidade de síntese das matérias dadas ao longo do ano.

O tempo teórico baseia-se na estruturação de um programa autónomo mas transmitindo informação articulável com a temática dos trabalhos práticos, incluindo o desenvolvido na disciplina de Projecto

⁴ Programa curricular da disciplina de “Sistemas e Materiais de Construção”- 3ºano. Guia do Estudante, ano lectivo 2004/2005.

III⁵. Esta coordenação e as possíveis inflexões são exigidas porque se tem como princípio pedagógico que a aferição imediata do conhecimento adquirido torna mais eficaz a aprendizagem dos conteúdos previstos.

Relativamente às matérias explanadas nas aulas teóricas, elas apontam para dois aspectos fundamentais do ensino da construção: “*a aprendizagem das técnicas necessárias à caracterização da Ideia; e a relação entre Forma e Construção inerente à compreensão do espaço arquitectónico*”⁶.

Assim, é normal que a estrutura da aula deambule entre explicações unívocas sobre matérias de índole científica e análises da forma construída, considerando a constituição de uma bagagem técnica mas enquadrando-a na complexidade do fenómeno arquitectónico.

O desenvolvimento teórico das matérias previstas no programa da disciplina tende a perseguir o aumento da complexidade do desenho percorrido pelo trabalho solicitado na disciplina de Projecto III⁷. Nessa relação com o aumento de complexidade registado no desenvolvimento projectual, interessa referir uma fase em que o tempo teórico da disciplina de Sistemas e Materiais de Construção é dominado pela problemática das estruturas e das infra-estruturas técnicas no desenho de edifícios. Este momento ocorre no início do segundo período do calendário escolar e coincide com os primeiros estudos à escala 1/100 dos edifícios em desenvolvimento no âmbito de Projecto III.

Aponta-se essa fase do tempo teórico como a ideal para localizar a aula proposta, pois nela convergem três momentos pedagógicos que potenciam os objectivos programados:

- Na disciplina de Projecto III, realiza-se uma revisão e uma refundação da ideia projectual que muitas vezes implica a reformulação

⁵ “ [...] a cadeira de Projecto III deverá privilegiar a confrontação entre a anterior aquisição metodológica dos estudantes e as circunstâncias da prática projectual no contexto real da profissão, ou seja, realizará uma primeira aproximação, agora integrada, ao ‘saber construir’”. Programa curricular da disciplina de “Projecto III”- 3ºano. Guia do Estudante, ano lectivo 2004/2005.

⁶ Programa curricular da disciplina de “Sistemas e Materiais de Construção”- 3ºano. Guia do Estudante, ano lectivo 2004/2005.

⁷ Referimo-nos ao trabalho prático anual da disciplina de Projecto III cujo objectivo é levar o aluno, através de aproximações escalonadas e integradas, a elaborar o projecto de um conjunto de edifícios multifamiliares.

das propostas apresentadas no fim do primeiro período.

- Na disciplina de Sistemas e Materiais de Construção, é lançada a segunda fase de exercícios práticos cujo objectivo é reavaliar as soluções de Projecto num contexto de viabilidade estrutural e infraestrutural mínima o que, em muitos casos, funciona como momento de racionalidade que serve para hierarquizar valores e validá-los. [VER EXERCÍCIO Nº11 EM ANEXO]

- Na disciplina de Sistemas e Materiais de Construção, é intensificada a matéria teórica que rodeia o tema dos sistemas estruturais. Em particular, é produzida uma aula que utiliza modelos rudimentares tridimensionais dos principais elementos estruturais, para qualificar os fenómenos ocorridos após aplicação das cargas.

4 | Sumário da aula.

A aula será dividida em duas partes: a primeira, introdutória, tem como objectivo dar algumas indicações sobre a importância e a problemática do conhecimento estrutural na forma arquitectónica; a segunda, de análise entre ideia de arquitectura e sistema estrutural, pretende introduzir o aluno nas manifestações dos principais fenómenos estáticos.

Na fase de apresentação do tema é evidenciado o papel da razão e ser dos elementos estruturais na composição arquitectónica, nomeadamente, nos aspectos de lógica construtiva, de sistema e de modulação espacial. Neste sentido, dar-se-á ênfase à dissociação da estrutura do resto do corpo físico da arquitectura. Para isso serão referenciadas às denominadas *cultura da tracção* e *cultura da compressão* algumas práticas projectuais que influenciam a morfologia do espaço arquitectónico contemporâneo.

O desenvolvimento do tema continuará com uma análise sistematizada dos principais fenómenos tensionais e de equilíbrio que ocorrem nos elementos resistentes. Deste modo serão de considerar os conceitos de *gravidade, força e momento, equilíbrio, centro de*

gravidade, aplicação e reacção de forças, tensão e compressão dos materiais, associados a determinadas geometrias da forma arquitectónica. Nesta fase da aula a explanação é fortemente apoiada na projecção de imagens ilustrativas dos fenómenos analisando-se em paralelo situações da cultura arquitectónica como também situações exteriores a esse mundo particular, onde seja facilmente detectável a relação entre forma e solução estrutural.

Assim, propõe-se o seguinte sumário para a aula a apresentar:

“Introdução à razão e ser das formas arquitectónicas resistentes”

[I]

- a) A função suporte na formação do espaço arquitectónico;
- b) Definição do conceito de estrutura e dos principais fenómenos associados.

[II]

- a) Noção de força e momento;
- b) Noção da acção gravítica e das reacções;
- c) Noção de compressão e tracção simples;
- d) Noção de equilíbrio, estabilidade e resistência;
- e) Noção de transmissão de carga.

Exposição baseada numa leitura comparativa entre as soluções estruturais apresentadas por algumas obras de arquitectura e o sentido de estabilidade e de resistência patentes em determinadas formas biológicas ou outras exteriores ao mundo construído pela arquitectura.

BIBLIOGRAFIA

AKIN, Omer – **Variants in Design Cognition** [em linha].
<URL:<http://www.andrew.cmu.edu>>

GORDON, J. E. – **Estructuras: o por qué las cosas no se caen**. Madrid: Celeste Ediciones, 1999 (1978).

GORDON, J. E. – **La Nueva Ciencia de los Materiales**. Madrid: Celeste Ediciones, 2002 (1968).

PORTOGHESI, Paolo – **Arquitectura y Naturaleza: arquetipos y semejanzas**. Valencia: Ediciones Generales de la Construcción, 2004.

PORTOGHESI, Paolo – **Nature and Architecture**. Milan: Skira, 2000.

SALVADORI, Mario; HELLER, Robert – **Estructuras Para Arquitectos**. Buenos Aires: Kliczkowski Publisher, 1998 (1986).

SCHODEK, Daniel L. – **Structure in Sculpture**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1993.

THOMPSON, D'Arcy Wentworth – **On Growth and Form**. New York: Dover, 1992 (1942).

ZALEWSKI, Waclaw; ALLEN, Edward – **Shaping Structures: Statics**. New York: Wiley, 1998.

ZUMTHOR, PETER – **Pensar la arquitectura**. Barcelona: Gustavo Gili, 2004.

Guia de Estudante da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto. Porto: FAUP, 2004.

ANEXOS

3ºano

Sistemas e Materiais de Construção

Ano lectivo 2004/2005

11º Exercício Prático

ESTRUTURAS E INFRA-ESTRUTURAS

Sobre um dos edifícios em desenvolvimento na disciplina de Projecto III, pretende-se:

- Planta geral do piso tipo e do piso de estacionamento - esc. 1/500.
- Esquema estrutural do módulo (planta cotada da cave, do piso térreo e do piso tipo; corte transversal) – esc. 1/100.
- Esquema das principais redes infraestruturais - esc. 1/100.

Objectivos

- Reconhecimento de alguns aspectos essenciais da solução na sua dimensão estrutural e infra-estrutural (Estrutura/Módulo/Composição).
- Reavaliação da proposta, nomeadamente nos seus aspectos de organização interna dos fogos e de composição formal/funcional do conjunto.

Observações

A apresentação gráfica dos elementos solicitados deverá ser decorrente do processo de trabalho de cada aluno. Todos os elementos serão entregues em dossier formato A4.

