

[Imagem da capa: Modelo físico de material digital, Sarit Weingarten, Technion IIT in: http://www.bezalel-architecture.com/wp-content/uploads/2009/12/oxman_7.jpg acedido a Agosto de 2010]

Agradecimentos:

*Ao meu pai e á minha mãe que me apoiaram incondicionalmente;
ao Doutor Gonçalo pelo tempo dedicado e pela partilha do conhecimento e experiência notória, e a
todas as pessoas que colaboraram na obtenção de informação entre outros, José Pinto Duarte, Nancy
Diniz, Luís Romão, João Rocha, e Carla Leitão.*

CRÉDITOS DE IMAGENS

PARTE 1

Fig. 1 - Ivan Sutherland, a desenvolver a sua pesquisa nas tecnologias de imersão, disponível: http://www.omnispace.org/virtual_reality/page/2/ acedido em Agosto de 2010.

Fig.2 e 3 - Ciberespaço de William Gibson representado no filme The Hackers, disponível: <http://www.williamgibsonbooks.com/books/neuromancer.asp> - acedido em Agosto de 2010.

Fig.4 e 5 - *Voice 3+4 maze blue*, Marcos Novak, disponível: <http://www.kmtspace.com/novak.htm> acedido em Agosto de 2010.

Fig.6 -*Variable Data Forms*. Marcos Novak, in: ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999, pp.50.

Fig.7 - Realidade Virtual; CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*). Laboratório de Visualização Electrónica, Universidade de Illinois, Chicago, in: GRAU, Oliver. *Arte Virtual, da ilusão à imersão*. São Paulo: Senac, 2005, pp.17.

Fig. 8 - The Institute for Electronic Clothing. Stephen Perrela in: ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999

Fig. 9 - FreshH2O eXPO. Nox-Lars Spuybroek. Interior in: ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999

Fig. 10 - V2_Lab. Nox-Lars Spuybroek. 1998. Diagrama de movimentos, in: ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999

Fig. 11 - Softwares CAD, Imagem de autor.

Fig. 12- Softwares CAE, imagem de autor.

Fig. 13, 14, 15- Estereolitografia (SLA); Impressão tridimensional (3D P); Fused D. Modeling (FDM) in: SPERLING, D. M. *Diagramas, modelagem e prototipagem rápida* Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGraDi), 2002.

Fig. 16, 17, 18 - Greg Lynn, *Prettygoodlife.com*; Erwin Hauer, *Design I*; Máquina de prototipagem rápida Z-Corp. in: IWAMOTO, Lisa. *Digital Fabrications*: New York: Princeton Architectural Press, 2009: 92

Fig. 19 - Museu Guggenheim, 1991-97, modelação CATIA, in: LINDSEY, Bruce. *Gehry Digital*. Birkhäuser, 2001, pag47

Fig. 20 - *Digital Weave*. University of California, Berkeley/ Lisa Iwamoto, 2004, in: IWAMOTO, Lisa. *Digital Fabrications*: New York: Princeton Architectural Press, 2009: 19.

Fig. 21 - Algoritmos, Forma, geometria. D'Arcy Thompson's, in: LEACH, Neil, et al. *Digital Tectonics*: Londres: Wiley-Academy, 2004, 81.

Fig. 22 - *Blobwall Pavilion*, Greg Lynn, disponível: <http://www.glform.com/> acedido em Agosto de 2010.

Fig. 23 - Embryo House. Modelo Virtual. Greg Lynn. In : ZELLNER, Peter. *Híbrido Space New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999.

Fig. 24 e 25 - Animate architecture: Lynn's Port Authority Bus Terminal; - Parametric architecture: Marcos Novak's in New York. in: *New Forms in Digital Space*. Londres: Thames & Hudson, 1999.

PARTE 2

Fig. 27 - Capa in: DUARTE, José. *Personalizar a Habitação em Série: Uma Gramática Discursiva para as Casas da Malagueira de Siza*, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian e Fundação para a Ciência e Tecnologia, 2007.

Fig. 28 - Capa in: LISBOA, Fernando. *Desenho de Arquitectura Assistido por Computador*, Porto: FAUP, 1997.

Fig. 30 - Capa, in: FURTADO, Gonçalo e BRAZ, Rui (ed.). *Arquitectura e Sociedade de Informação*, Porto: FAUP, 2002.

Fig. 31 - Capa in: FURTADO, Gonçalo Marcos Cruz: *Unpredictable Flesh*, Porto: FAUP, 2002.

Fig. 32, 33, 34 - Capa in: Revista *Archit cti*; Revista *Arq/a.*; Revista *Arquitectura e Vida*.

Fig. 35, 36, 37 - Capa in: Revista *Unidade 4*; Revista *NU*; Revista *D dalo*.

Fig. 38 - Laboratório de prototipagem GSAPP (Graduate School of Architecture Planning and Presevation), Columbia University . in <http://www.arch.columbia.edu> - acedido em Abril 2010.

Fig. 39 e 40 - UCLA, Workshop Digital Technology, disponível em <http://schweitzerarchitecture.com/press.html> - acedido Agosto 2010.

Fig. 41 - MIT Digital Mock-Up Workshop Spring 2004, disponível em <http://ocw.mit.edu/courses/architecture/> . acedido Agosto 2010

Fig. 42 - UPenn Workshop Digital Design for Architecture, disponível em <http://www.library.upenn.edu/> - acedido em Agosto 2010.

Fig. 43 - ETH - Departamento de arquitectura digital e de produção, disponível em <http://www.eth.com/> - acedido em Agosto 2010.

Fig. 44 - Bone Wall, Urban A&O, 2006, Maqueta; Montagem; Montagem Geral, in: IWAMOTO, Lisa. *Digital Fabrications*: New York: Princeton Architectural Press, 2009: 95.

Fig. 45, 46, 49 - Tabela de autor, Laboratórios de Prototipagem Rápida em Portugal; Exemplos de Projectos de Investigação; Exemplos de iniciativas extra-curriculares, workshops/seminários/conferências.

Fig. 47, 48 - Workshop III, Processos Digitais de Projecto (ESAP); Simpósio Internacional: CAC 08, *Contemporary Architectural Challenges* (FAUP); Foto do Workshop CAC 08.

RESUMO

O presente estudo pretende explorar a utilização das novas tecnologias digitais na arquitectura contemporânea. Incide, em particular, no estudo das novas estéticas e tectónicas, possibilitadas pela utilização de processos CAD/CAM, atendendo ao contexto internacional e nacional.

Em primeiro lugar, abordam-se aspectos de carácter histórico científico e cultural da Arquitectura Digital, identificando-se os principais mentores dos novos conceitos e paradigmas apresentados. Exposto o enquadramento geral acerca do tema, reflecte-se ainda, acerca da presença do digital no contexto académico e extra-académico, com maior ênfase no território nacional. Analisando a apropriação do digital, em estudos realizados em Portugal, são expostos uma série de autores que se destacam pela reprodução teórica acerca do tema. Esta temática é depois transportada para o campo académico, num estudo acerca da introdução da informática no processo de ensino do projecto de arquitectura. É analisado a inserção da informática no programa curricular escolar, tomando como universo de pesquisa as escolas de arquitectura portuguesas.

Partindo de uma análise do cruzamento do Digital com o ensino e a produção teórica, conclui-se que nem sempre a teoria anda lado a lado com a prática. Constatando-se que a partir do final dos anos 90, com o aparecimento de sistemas computacionais capazes de representar tridimensionalmente, começaram a emergir cada vez mais autores interessados acerca do potencial de tais recursos. Consequentemente, no campo do ensino, verifica-se que só recentemente começa uma aproximação do computador ao conteúdo projectual.

ABSTRACT

The present study aims to explore the use of digital technologies in contemporary architecture. It focuses in particular the study of new aesthetics and tectonics, made possible by the use of CAD/CAM processes, keeping in mind some aspects of the international and national contexts.

First of all, some historical, scientific and cultural aspects of Digital Architecture are approached, with some of the main mentors of new concepts and paradigms being identified. After exposing the general frame of the subject, a reflection will be made about the presence of the digital in various contexts. Some outstanding authors will be identified during the analysis of the appropriation of the digital.

In the area of education, only recently have efforts been made to reduce the gap between computers and project content, but only in academic platforms (save rare exceptions).

ÍNDICE

0.0 - Introdução

1.2.1 - Objecto, Objectivo e Metodologia.....	p.06
---	------

PARTE 1 – Arquitectura na Era Digital: Um novo paradigma

1.1 - Enquadramento da Era Digital na Arquitectura	p.10
--	------

1.2 - Produção arquitectónica

1.2.1 - Desenho Tradicional vs. Digital.....	p.18
--	------

1.2.2 - Ferramentas de concepção projectual.....	p.21
--	------

1.3 - Estéticas e Linguagens

1.3.1 - Processos de manipulação e fabricação da forma.....	p.28
---	------

PARTE 2 – A Arquitectura Digital.

2.1 – Alguns Aspectos do Contexto extra-académico

2.1.1 - Produção Teórica da Arquitectura Digital.....	p.39
---	------

2.1.2 - Publicações Periódicas	p.46
--------------------------------------	------

2.2 - Alguns Aspectos do Contexto académico

2.2.1 - Ensino do Digital.....	p.50
--------------------------------	------

2.2.2 - Situação académica.....	p.56
---------------------------------	------

2.2.3 – Programas Curriculares e Iniciativas Extra-curriculares.....	p.66
--	------

4.0 - Conclusão.....	p.73
----------------------	------

5.0 - Referências Bibliográficas.....	p.77
---------------------------------------	------

0.0 - INTRODUÇÃO

Actualmente, a **sociedade** passa por uma transformação tecno-cultural a variados níveis. Trata-se de uma transformação caracterizada pela omnipresença da imagem e das Técnicas de Informação e Comunicação, que promove a difusão do conhecimento, interferindo em diversos domínios, como os ligados à criação.

A **Arquitectura**, sendo uma destas áreas, sempre necessitou de criação, meios de suporte e comunicação, caminhando lado a lado com a evolução histórica, entre outros, dos instrumentos utilizados. De facto, os novos desenvolvimentos digitais comportam consequências ao nível da concepção do projecto de arquitectura. Se a cultura digital introduziu mudanças nas formas de perceber, de interpretar e de representar a realidade, a arquitectura, simultaneamente reflexo e reflector da sociedade, não é indiferente à intervenção dessa cultura e desenvolvimento.

O novo contexto tecno-cultural oferece novas ferramentas de Desenho Assistido por Computador CAD (*Computer Aided Design*), que, detendo semelhanças e inovações relativamente às tradicionais, contribuem para o desenvolvimento de métodos de desenho.

A integração das ferramentas CAD no projecto de arquitectura associou-se também ao uso de máquinas de controlo numérico, CNC (*Computer Numeric Controlled Machines*), estendendo os seus efeitos para o mundo da produção e construção. Por outro lado, a própria tectónica acompanha as novas expressões na arquitectura contemporânea.

Em suma, ocorrem pois transformações radicais tanto no projecto como na construção, e as novas tecnologias propiciam novas possibilidades tectónicas.

O **objecto** deste trabalho é estudar a arquitectura digital, isto é, projectada e produzida com recurso às TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) e, a estética e tectónica da arquitectura digital.

O estudo tem por **objectivo**, estudar novos meios permitidos à prática da arquitectura, associados a sistemas computacionais de projecto e fabrico. Incide, em particular, em novas estéticas e tectónicas. Observa, também, alguns aspectos do contexto internacional e nacional.

O estudo foi **estruturado** em três fases: A Arquitectura na Era Digital, Alguns aspectos da arquitectura digital internacional e nacional e Uma Breve reflexão Crítica sobre o Digital.

A Primeira fase consiste num enquadramento geral, baseando-se em aspectos de carácter histórico, científico e cultural, necessários á fundamentação do tema estudado. Tecem-se então considerações sobre a Sociedade Digital, historiando-se sumariamente o aparecimento da informática e do computador, conjuntamente com um levantamento de conceitos chave (*Arquitectura Informe*, *Arquitectura Virtual no Ciberespaço* e *a Arquitectura Liquida*) de autores incontornáveis. Aborda-se, depois, a questão do Desenho, entendido como centro da prática do projecto arquitectónico, e as transformações decorrentes da utilização das novas ferramentas.

Atende-se aos métodos relacionados com a concepção das formas e estéticas, bem como no que se refere aos processos construtivos e tectónica. Procura-se, também, entender o potencial das novas materialidades para a criação de novas espacialidades. A análise da sua expressão arquitectónica encerra esta primeira fase.

Na Segunda fase, o estudo avança com alguns aspectos relativamente com o contexto do ensino do digital, focando desenvolvimentos de âmbito internacional e nacional. Estes casos de estudos, pretendem constatar a apropriação do digital nesses contextos académicos.

De seguida, relativamente à investigação gerada em torno do tema, o estudo inclui ao nível dos média, o entendimento da inserção de temas digitais. Pretende, também, analisar alguns aspectos relacionados com a crescente afluência do digital na arquitectura.

Os temas apresentados, para além dos objectivos referidos, visam enriquecer o conhecimento pessoal acerca do debate arquitectónico referente a este assunto. Num momento que antecede a integração no mundo profissional do estudante, pretende-se desenvolver saberes obtidos no meu percurso escolar, com o estudo destas matérias específicas.

A conclusão do estudo foi um ponto importante na estrutura do trabalho, promovendo-se uma síntese crítica geral, que procura enfatizar os objectivos atingidos.

O estudo contribuiu para melhor entender as manifestações do contexto tecno-cultural na prática de arquitectura. Explora benefícios e prejuízos no que se refere à exploração estética, e pretendem também compreender como é que o tema está presente no campo da investigação e académico.

A exposição e inquisição das matérias pressupôs sobretudo um **método** de pesquisa bibliográfica, assim como o levantamento de autores e projectos, que possibilitassem obter conhecimentos e levantar problemas pertinentes para o estudo a desenvolver. Os materiais incidiram em aspectos históricos, culturais e científicos, e foram objecto de cruzamento e análise crítica. Os resultados foram comunicados sobre a forma de síntese conclusiva, à qual se associou o avançar de opiniões pessoais críticas.

PARTE 1 - ARQUITECTURA NA ERA DIGITAL: UM NOVO PARADIGMA



Fig. 26 - Marcos Novak, *Eversion Information landscapes*.

(fonte: SPILLER, NEIL.(2008) *Digital Architecture Now. A global survey of emerging talent*, Londres: Thames and Hudson, (pp.8))

1.0 – NOTA INTRODUTÓRIA

O crescimento das tecnologias de informação vem influenciando profundamente a prática e a teoria da arquitectura contemporânea. Interessa pois, proceder a uma análise do cruzamento da Arquitectura com a Cultura Digital. Neste sentido, ao longo do capítulo que se segue, procurar-se-á apresentar considerações genéricas sobre a *Sociedade Digital*. Caracterizar-se-á a *Arquitectura na Era Digital*, através do posicionamento de alguns teóricos de destaque, que vêm analisando os novos processos de criação, representação e fabricação, expondo novos conceitos e novos paradigmas, como: *Virtual*; *Ciberespaço*; *Arquitectura Líquida*; e *Realidade virtual*.

1.1 - ENQUADRAMENTO DA ERA DIGITAL NA ARQUITECTURA

Para diversos autores; estamos perante uma *Era Digital*: vivemos pois um novo paradigma social, cultural e arquitectónico. De acordo com o arquitecto e urbanista, Fábio Duarte, a “**Revolução Digital**” afectou todos os campos da nossa realidade, consequência das novas tecnologias de informação. Para o autor:

“Os espaços virtuais que se infiltram nas cidades e as mudanças epistemológicas e sensoriais que eles trazem à vivência urbana, apontam para uma mudança radical (...).”
(DUARTE, 2005,103).

Importa, portanto, compreender que o advento tecno-cultural¹, no contexto das novas tecnologias, apontou novos campos de experimentação disciplinar.

Neste sentido, interessa desde logo expor um conjunto de referências relativamente a desenvolvimentos tecnológicos. O sociólogo espanhol Manuel Castells, por exemplo acrescenta a ideia de que a **Sociedade de Informação**, implica pensar em novas tecnologias desenvolvidas ao longo da história, fundamentais para acedermos a este fenómeno que caracteriza a actualidade (CASTELLS, 2002, 39-40).

Recorde-se que no dicionário, a palavra Informação significa:

“(...) acto ou efeito de informar ou informar-me; comunicação; o que é transmitido.”.
(DICIONÁRIO, 2010,903)

Castells sustenta, ser também necessário recuar no tempo e observar que todas estas novas tecnologias são herdeiras da Revolução Industrial.

Como descreve o arquitecto português Gonçalo Furtado, para uma compreensão desta, é importante recuar ao nascimento das Novas Tecnologias da Informação, ou mais precisamente aos anos 50:

¹ Mais precisamente do computador, durante as décadas de 60 e 90.

“(...) é algo consubstancial ao próprio homem e à sua história. Uma história paralela ao aumento do volume processado e à rapidez de transmissão da informação, paralela também à história das tecnologias de informação e, deste modo, à do conhecimento e do poder a ele associado.” (FURTADO, 2005, 10).

Necessário é portanto observar que, desde a invenção do precursor do computador digital até aos microcomputadores de hoje, a informática sofreu um grande avanço.

Desde logo, o termo **Computador surgiu**, datando do ano de 1943 também, o nascimento da Cibernética. Como nos descreve o filósofo francês com grande destaque no tema, Pierre Lévy:

“A Segunda Guerra mundial, enfim, catalisa, ao mesmo tempo, a produção dos primeiros computadores e a necessidade premente dum novo paradigma científico: a Cibernética.” (LÉVY, 1995, 115).

O primeiro computador digital no mundo, foi o ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*), porém, o mercado informático nasceu em 1950, com a construção do UNIVAC (*Universal Automatic Computer*), a primeira máquina electrónica comercializada. (FURTADO, 2005, 12).

Uma evolução da Tecnologia da Informação propriamente dita, ocorreria na década de 70, com o surgimento do **microprocessador** (1971). A partir deste momento, a evolução do *hardware* e do *software* avançou paralelamente às novas descobertas científicas. (CASTELLS, 2002, 65-66).

Em meados dos anos 80, começaram a surgir empresas, e com a consequente difusão do computador pessoal, deu-se a explosão do mercado informático². De acordo com Furtado:

“O PC (Personal Computer) tornou-se onnipresente em todos os sectores de actividades (da empresarial à domestica) (...).”(FURTADO, 2005, 12).

Referiu-se, ainda, que, após a rápida difusão dos computadores, segue-se uma nova revolução, a da **Internet**³, o ponto exponencial de todo este processo de desenvolvimento.

A internet é:

“(...) um ambiente virtual, construído pelos códigos de linguagens de programação e disciplinado por protocolos que possibilitam a construção e partilha de conteúdos multimédia interactivos, caracterizados pela não linearidade e profundidade dimensional.” (FURTADO, 2005, 20).

Simultaneamente, o professor canadense, Derrick Kerckhove, acredita que:

“(...) a Internet é uma rede de redes que permite a transmissão muito precisa e coloca o controlo nas mãos do utilizador.” (KERCKOVE, 1997, 91).

² Como a *Microsoft*, que lançou as primeiras versões do *Windows*, em 1990, altura em que surgiram as primeiras placas de vídeo. Foi, no entanto, em 1984, com o surgimento da *Macintosh*, pela *Apple*.

³ A Internet foi concebida e projectada em 1963, por Larry Roberts. As suas origens encontram-se na *ARPANET*, uma rede de computadores estabelecida pela ARPA (*Advanced Research Projects Agency*), em 1969 (NEGROPONTE, 1996, 245).

Começa pois nesse momento, a transmissão de dados entre computadores, através da rede a uma escala mundial, abrindo as possibilidades de apropriação e uso das tecnologias de comunicação. Observe, então, que a criação de redes de computadores para fins de elaboração de arquitectura era então limitada, antes do crescimento da internet. Esta permitiu que a prática da arquitectura pudesse ser realizada em rede e online, tornando-a assim descentralizada (NEGROPONTE, 1996, 173).

Neste momento, o mundo começa a conectar-se de uma forma jamais imaginada e a informação circula em tempo real por todos os lugares. Tal é sintetizado da seguinte forma:

“A aceleração do desenvolvimento tecnológico durante as últimas décadas em torno das novas tecnologias da informação e comunicação teve várias fases: a informática (desde os anos 50) a generalização dos “Personal Computers” (entre os anos 70-90), o forte desenvolvimento das telecomunicações e das redes globais de computadores (na última década) e, de agora em diante, a difusão do acesso ao multimédia digital que caracterizará o séc. XXI.” (FURTADO, 2000, 5).

Tecnologia na Arquitectura Contemporânea

Caracterizados alguns aspectos importantes do desenvolvimento tecnológico, inicie-se agora uma abordagem à globalização das novas tecnologias digitais em Arquitectura.

Mas antes, propõem-se ver exemplos de autores relevantes para o desenvolvimento desta matéria. Refere-se no entanto, não se ter pretendido realizar uma análise exaustiva, ainda se tenha sido feito um esforço para identificar os autores muito significativos, usados para apresentar alguns temas que me suscitaram interesse, expostos na compilação a seguir.

Em primeiro lugar, há que realçar, os **pioneiros da exploração do digital** da arquitectura contemporânea. Isto é, autores que se dedicaram ao enquadramento e ao estudo dos desenvolvimentos técnicos e culturais das ferramentas digitais.

Tendo em conta o exposto por vários autores, comece-se por referir a tese de Doutoramento do informático americano Ivan Sutherland⁴, (veja-se Figura 1) editado no MIT em 1963, a qual apresentou um ponto de partida para o desenvolvimento de importantes investigações relacionadas com o tema da computação digital dentro do campo da arquitectura. Esta tese provocou o mundo do ensino e o profissional, introduzindo conceitos de desenho linear e interactividade em tempo real, através de uma “caneta óptica” que permitia ao o utilizador relacionar-se directamente com computador (FURTADO



Fig. 1 - Ivan Sutherland, a desenvolver a sua pesquisa nas tecnologias de imersão.

⁴ Intitulada “Sketchpad, a Man-Machine Graphical Communication System”, estudo que está na origem do desenvolvimento dos sistemas de Desenho Assistido por Computador CAD, chamando a atenção das indústrias automobilísticas e aeroespaciais americanas.

e SOUSA,2001,126). Na década de 1970, o professor no MIT William Mitchell,⁵ apresentou um importante quadro teórico para o estudo da arquitectura digital. Nos seus ensaios, o autor fez uma discussão geral sobre o processo de resolução de problemas de projecto e estudou as bases teóricas do CAD (veja-se cap.1.2.2), referindo como poderá ser feita a divisão de tarefas entre o arquitecto e o computador. Paralelamente, o autor forneceu uma consciência crítica na utilização de diferentes abordagens do digital, incentivando a arquitectura a utilizar o advento do ciberespaço, como uma oportunidade para rever os seus programas, métodos e potencialidades. Entre a sua vasta bibliografia, é também de destacar os livros *City of Bits* e *E-Topia*, onde o autor expõe como os avanços tecnológicos têm influenciado profundamente os ritmos da vida tradicional e a proximidade entre as pessoas.

Consolidando também a iniciativa crítica dentro do campo da arquitectura, e dentro dos livros e ensaios escritos para apoiar o desenvolvimento arquitectónico do ciberespaço, a contribuição do professor americano Michael Benedikt's⁶, e do filósofo francês, Pierre Lévy, entre outros, ofereceram também conceitos teóricos e práticos, que a arquitectura utiliza a ideia de ciberespaço como uma nova oportunidade de explorar o seu próprio desenvolvimento.

Destaque-se também o cientista e arquitecto americano Nicholas Negroponte, em *Being Digital* (1995), onde se especula sobre o estilo de vida do Digital, prevendo que a evolução das TIC apontava para transformações que iriam ultrapassar as simples alterações dos paradigmas metodológicos nos processos de produção. Refira-se ainda que estas experiências transformam a arquitectura, não apenas em algo físico, mas cada vez mais, em algo virtual salientando que no futuro, o espaço em si se tornava em algo menos relevante (NEGROPONTE, 1995,7). Negroponte, conhecido como mestre da tecnologia, fundou MIT *Media Lab*, e fundou o *Architecture Machine Group* em 1968. Na investigação de Negroponte, uma *Architecture Machine*, teria como objectivo transformar o processo de concepção num diálogo que pretendia alterar a dinâmica tradicional homem-máquina.

Refira-se ainda, como exemplo, a reflexão acerca de novas arquitecturas, em que o tempo é adicionado ao espaço, pelo arquitecto e professor da UCLA Marcos Novak. Nos seus ensaios⁷, o autor define as suas próprias aspirações e novas interpretações desafia a ideia de arquitectura com a presença do ciberespaço. Com uma visão particular, apontando para possibilidades digitais num novo milénio, possibilidades capazes de transformar a arquitectura.

⁵ MITCHELL, William. *Computer – Aided Architectural Design*, Nova Iorque: Van Nostrand Reynhold Company, 1977.

⁶ BENEDIKT, Michael. *Cyberspace first steps*. Cambridge: MIT Press, 1994. L&PM, 1990.

⁷ Destacam-se entre as suas publicações, *Liquid Architecture in Cyberspace* (1991), e *Transarchitecture and Hypersurfaces* (1998).

Com base no quadro teórico do leque de autores acima enunciados, verifica-se, que os desenvolvimentos tecnológicos, a consequente globalização, a sociedade de informação, a massificação das tecnologias digitais e a internet, vieram incentivar um conjunto de novas possibilidades e novas experiências no campo arquitectónico. Assim sendo, torna-se fundamental compreender e identificar o aparecimento de alguns vocabulários novos, bem como de novos paradigmas, no decorrer da década de 1990, consequências da comunicação mediada por computador.

Como foi já referido anteriormente, a sociedade contemporânea encontra-se marcada por redes de informação, mass media e imagens, que derivam do desenvolvimento do computador, o qual revolucionou a produção de conhecimento humano e possibilitou a multiplicação de processos até então desconhecidos (*veja-se cap.1.3*).

É neste contexto que surge o conceito do **Virtual**. Virtual no dicionário significa: “(...) *que existe potência; potencial; simulado por programa(s) de computador .*” (DICIONÁRIO, 2010,1647)

Para Pierre Lévy, definir o Virtual é uma tarefa de carácter complexo. O autor apresenta uma descrição de virtualidade onde refere o fenómeno da virtualização, com base na relação entre a comunicação virtual e as particularidades da sociedade contemporânea.

Citando o autor:

“A palavra virtual vem do latim medieval virtualis, derivado por sua vez de virtus, força, potência. Na filosofia escolástica, é virtual o que existe em potência, e não, em acto.”
(LÉVY, 2003,17).

No seu livro, *"O Que é o Virtual?"* (1996), Lévy desmistifica uma falsa oposição entre o Real e o Virtual, defendendo que o Virtual não se opõe ao Real, mas que se opõe ao Actual.

Neste sentido, o movimento de actualização seria como a resolução constante daquilo que constitui a virtualidade.

“A Virtualização não é uma desrealização (a transformação de uma realidade num conjunto de possíveis), mas uma mutação de identidade, um deslocamento do centro de gravidade ontológico do objecto considerado: em vez de se definir principalmente por sua actualidade (uma “solução”, a entidade passa a encontrar sua consciência essencial num campo problemático.” (LÉVY, 2003,17-18).

Paralelamente, para o autor, os conceitos *Ciberespaço*, *Digital*, *Informático*, *Numérico* e *Virtual*, podem ser todos considerados sinónimos. No entanto, podem ter uma aplicação específica para significar determinadas instâncias, sendo uma questão de opção, adoptar um ou outro termo.

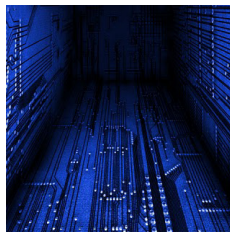
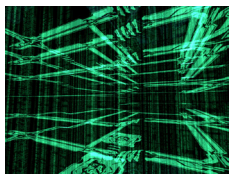


Fig.2 e 3 - Ciberespaço de William Gibson representado no filme The Hackers

Refira-se a criação do termo *Cyberespace* (ciberespaço) é atribuída ao escritor estado-unidense William Gibson, autor do livro de ficção científica *Cyberpunk*⁸ - *Neuromancer* (neuromante), escrito em 1984, no qual elabora a ideia de ciberespaço (veja-se figuras 2 e 3).

Citando Gibson:

“O ciberespaço. Uma alucinação consensual, vivida diariamente por bilhões de operadores legítimos, em todas as nações, por crianças a quem se estão a ensinar conceitos matemáticos. Uma representação gráfica de dados abstraídos dos bancos de todos os computadores do sistema humano. Uma complexidade impensável.” (GIBSON, 1988, 65).

Posteriormente, o conceito foi apropriado pela comunidade científica Norte-Americana, como potencial espaço cibernético no qual confluem todos os média digitalizados, libertando uma memória colectiva incomensurável, de um rigor nunca atingível pela mente humana. Na óptica de Lévy, o ciberespaço é o meio de comunicação resultante da rede mundial de computadores:

“(...) é o conjunto das tecnologias, das práticas e dos modos de pensamento, o todo das representações.” (LÉVY, 2000, 17).

Paralelamente, Marcos Novak considera que o ciberespaço inverte o modo de interacção com a informação, passando então de uma relação externa a uma relação em que nos situamos dentro do fluxo da própria informação. Para Novak, a transição do espaço real para o ciberespaço será melhor compreendida ao examinar-se uma expressão humana que combina ciência e arte, profano e espiritual, contingente e permanente, especialmente na arquitectura visionária, que procura escapar dos confins da realidade (NOVAK, 1991, s.p.).

É neste seguimento que a definição de *Arquitectura líquida* (veja-se figuras 4 e 5), como uma abordagem poética da virtualidade do digital, é ampliada por Novak. No seu ensaio *Liquids Architecture in Cyberspace* (1991), transforma-a numa paisagem imaginária fluída. O autor refere que esta apenas existe no universo digital e circunscreve um ambiente arquitectónico que utiliza as capacidades do computador para projectar espaços em três dimensões.

Novak, tem vindo a fundamentar que sendo a Arquitectura Líquida no ciberespaço uma arquitectura do virtual, não se satisfaz apenas com espaço, forma e luz. É uma arquitectura de flutuação, um resumo das relações entre elementos. Um espaço mutante (veja-se figura 6), e fluído.

“Esses mundos são conectados por portais flutuantes no espaço, que desaparecem quando você voa através deles (...) Os próprios ambientes virtuais são como cordas no espaço, entonações do lugar.” (NOVAK, 1995, s.p.).

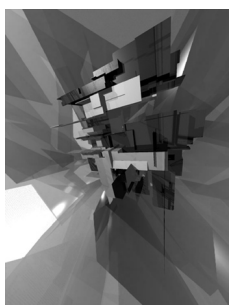


Fig. 4 e 5 - Voice 3+4 maze blue, Marcos Novak

⁸ *Cyberpunk*, é o termo que denomina uma corrente literária de ficção científica que caracteriza a cibercultura das décadas de 80 e 90 da qual fazem parte William Gibson, Bruce Sterling, John Shirley, Mark Dery, Michael Swanwick e Walter Jon Williams.

Arquitecturas líquidas são, portanto, segundo o autor, espaços criados para ultrapassar o mundo físico, de modo a que sejam introduzidas novas sensações ao ser humano.

Cada vez mais, a arquitectura tem-se libertado dos espaços tradicionais e, com o aparecimento do ciberespaço, foi-lhe sendo conferida a possibilidade de quebrar este vínculo. As maneiras de a conceber e perceber foram alteradas e, pela primeira vez na história, deu-se valor à concepção e não apenas ao objecto: o mais importante são os princípios pelos quais esses objectos são gerados e variam no tempo. A ideia de ciberespaço do arquitecto Novak ilustra este novo conceito de espaço. (NOVAK, 1991, s.p.).

Ao mesmo tempo, para o arquitecto Michael Benedikt, “*O ciberespaço está relacionado com a realidade virtual (VR)*”, sendo esta para o autor um dos segmentos do ciberespaço. (BENEDIKT, 1991, 30)

É importante notar que o termo **Realidade Virtual (RV)** (veja-se figura 7), tem uma ampla definição. Segundo o filósofo norte-americano Michael Heim⁹, a RV pretende persuadir o utilizador de que se encontra noutro lugar, substituindo os dados sensoriais de entrada do utilizador com informação produzida por um computador, criando assim um sentido de intercambio com o ciberespaço. (BENEDIKT, 1991, 30)

Podemos definir, portanto, RV como um sistema com capacidade para “*(...) apresentar imagens 3d de ambientes em tempo real que possam ser navegadas e suportem interacção.*” (HEIM, 1993, s.p.).

Esta possibilidade tecnológica veio abrir uma nova dimensão na internet, permitindo o acesso digital através de metáforas mais próximas da nossa realidade. Em suma, “*(...) os ambientes virtuais formam um novo paradigma do conceito de Internet ao transformar o regular acesso 2d à informação em mundos de interacção 3d.*” (HEIM, 1993, s.p.).

Acentue-se, portanto, que a RV representa o último desenvolvimento no processo de digitalização, processo este que começa inicialmente com as ferramentas CAD, e se expandiu para o Ciberespaço.

Neste sentido, um dos seus objectivos é proporcionar os ambientes virtuais, dando-nos a possibilidade de interagir com o ambiente, constituindo esta uma das principais características da dita **Arquitectura Virtual**.

Por outro lado interessa referir-se numa segunda fase do desenvolvimento do digital, surgiram outros autores, com importantes estudos arquitectónicos e literários acerca do tema. Houve de facto vários outros protagonistas de relevo para o desenvolvimento desta segunda fase do digital, que, de seguida daremos alguns exemplos.

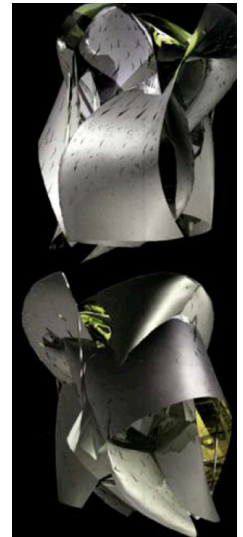


Fig.6 -Variable Data Forms.
Marcos Novak

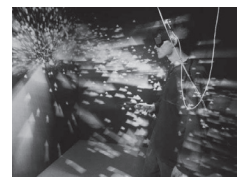


Fig.7 -Realidade Virtual;
CAVE (Cave Automatic
Virtual Environment).
Laboratório de Visualização
Electrónica, Universidade de
Illinois, Chicago.

⁹ Heim, M. (1993). *The Metaphysics of Virtual Reality*, disponível em:
http://www.stanford.edu/class/history34q/readings/Michael_Heim/HeimEssenceVR.html, - acedido em Junho de 2010.

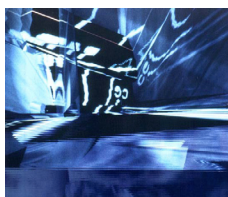


Fig. 8 - The Institute for Electronic Clothing. Stephen Perrella



Fig. 9 - FreshH2O eXPO. Nox-Lars Spuybroek. Interior.

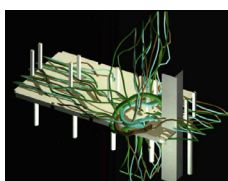


Fig. 10 - V2_Lab. Nox-Lars Spuybroek. 1998. Diagrama de movimentos

Incidindo, de uma forma mais concreta, no desenvolvimento de características espaciais dos ambientes de interface mediática emergentes e nas aplicações e suas consequentes implicações no inter-relacionamento entre a concepção e a geração da forma, destaca-se por exemplo, arquitecto e professor na *Columbia University*, Stephen Perrella¹⁰ Perrella afirma que o objectivo da Teoria da *Hipersuperfície* é unir diversos discursos filosóficos implementados na arquitectura, descrevendo a “*perda de ser*” como um elemento central da experiência do ciberespaço, ou um “*qualquer lugar, a qualquer hora*” através do qual nos encontramos, deslocados de um sentido de lugar (PERRELLA, 1995,30). (veja-se figuras 8 e 9)

Paralelamente, por exemplo o arquitecto Holandês Lars Spuybroek, apresenta mudanças nos modos de pensar, de conceber e de construir a arquitectura. Ao longo do seu trabalho, Spuybroek, junto com outros arquitectos contemporâneos emblemáticos, apresenta diversos debates, e realiza palestras sobre a relação da arquitectura com as novas tecnologias de comunicação e informação. Nesses eventos, o autor debate sobre vários temas pertinentes, mas o conceito que melhor representa a sua actuação no NOX é o que ele chama de *machining*, origem do título do seu ensaio intitulado: *NOX - Machining architecture (2004)* (veja-se figura 10). O conceito de *machining* está relacionado com a influência e o impacto dos procedimentos informacionais sobre os diferentes estágios da produção arquitectónica. Segundo ele, a ideia de *machining* dá-se em três etapas: numa primeira etapa, durante a fase de concepção, numa segunda, durante a construção (através das técnicas de fabricação) e, por último, após a construção, com a imperatividade e experiência (SPUYBROEK, 2005, s.p.).

¹⁰ Perrella é, também, presidente do *HyperSurface Systems, Inc.*, uma firma de design de tecnologia para Internet criada para explorar mais amplamente as interfaces arquitectónicas. Destaca-se o seu ensaio “*Computer Imaging, Folding in Architecture*”,¹⁰ em 1993 e *Hypersurface*, em 1998.

1.2 - PRODUÇÃO ARQUITECTÓNICA

Dentro do contexto apresentado no capítulo anterior, procura-se expor desenvolvimentos e conjuntos teóricos relevantes ao esclarecimento sobre o papel do digital na arquitectura. Interessa agora, abordar o tema do *Desenho na era Digital* (veja-se cap.1.2.1), no contexto da concepção e representação da arquitectura. Na continuidade deste, serão analisadas as novas ferramentas digitais CAD/CAE/CAM (veja-se cap.1.2.2), procurando compreender as alterações resultantes da adopção destas na prática projectual.

1.2.1 DESENHO TRADICIONAL VS. DIGITAL

Começamos referindo-se ao longo da história da arquitectura, observam-se grandes mudanças na forma de pensar e conceber o desenho durante todo processo arquitectónico. Principalmente nas últimas décadas, a prática do **desenho** manual passou a concorrer com as práticas digitais proporcionadas pelos avanços tecnológicos (MITCHELL e MCCULLOUGH, 1994, 9).

Para o arquitecto português Eduardo Côrte-Real¹¹, o desenho tem sido um meio de manifestação estética e uma linguagem expressiva para o homem, sendo que no período pré-histórico o desenho era mais um ritual místico que um meio de expressão. À medida que os conceitos artísticos se separam da religião, o desenho passou a ganhar autonomia. Apenas após o Renascimento, começou a existir a preocupação de um estudo sistemático do desenho enquanto forma de conhecimento. É com a descoberta da perspectiva, que o homem passa a utilizar o desenho como **forma de comunicação**.

Como atenta o autor:

“(...) o desenho é a primeira forma de expressão humana duradoura que identifica os seus autores como possuidores de uma inteligência para além da simples resolução de problemas.” (CÔRTE-REAL, 2001,7).

Segundo o mesmo autor, o desenho arquitectónico existe desde a Antiguidade e Idade Média. Desde então, o homem tem vindo a utilizar os esboços e os desenhos para exprimir e comunicar ideias, conceitos e mensagens. Neste sentido, o acto de desenhar apresenta-se como uma parte estratégica na forma como examinamos e sintetizamos o mundo. Para o professor e pintor português, Joaquim Vieira, o desenho é ciência e arte:

¹¹ Eduardo Côrte-Real realizou a sua tese de doutoramento em Arquitectura intitulada *O Triunfo da Virtude. As Origens do Desenho Arquitectónico*. (2001) onde propõe uma reflexão do pensamento enquanto desenho.

“É arte quando é síntese de saberes operativos e poéticos – Expressão e Comunicação. É ciência quando é Análise e conhecimento da realidade, de obras, textos e processos – Cognição e Investigação.” (VIEIRA, 2006, 31).

Segundo a pintora e professora Raquel Pelayo, “(...) o desenho é efectivamente inseparável da pintura, do design, da escultura e da arquitectura.”, pois é através dele que se realizará o diálogo entre a mente e o construído, permitindo reflectir sobre o projecto. (PELAYO, 2002, 20)

Por outras palavras, o escultor e professor José Maria Lopes, evidência a importância do desenho no ensino da arquitectura, sublinhando a pouca importância que lhe é conferida. Nas suas palavras:

“A escassez da informação relativamente às matérias do Desenho sublinha o seu carácter subsidiário aos outros estudos disciplinares onde a noção cabal pretendida devia servir as especificidades da Arquitectura e da Geometria (...).” (LOPES, 2008, 91).

O arquitecto português, Fernando Lisboa, referiu ainda, que o desenho na prática de arquitectura é principalmente compreendido como um método de conhecimento (LISBOA, 1994, 77). Joaquim Vieira acrescenta que o desenho é também, um instrumento da lógica projectual, que visa representar uma solução formal, sendo, assim, uma importante forma de exteriorizar o pensamento.

“(...)desenho é um meio de produzir originalmente imagens com características peculiares.” (VIEIRA, 2002, 14).

Remetendo também para o campo do projecto, o escultor português, Alberto Carneiro, caracteriza o desenho como um suporte manual e mental. No entanto, acredita que a prática do desenho surge não só como um **instrumento de análise**, referindo:

“(...) onde tem como objectivo principal a articulação construtiva do conhecimento entre o que preexiste como contexto e o que é concebido como resposta a um programa, enquanto inventiva e para ser comunicado com significação de formas e ideias para construir.” (CARNEIRO, 1995, 95),

Para Carneiro, a prática do desenho como suporte manual e mental não surge só como instrumento de análise, mas também como **instrumento de concepção**, referindo:

“(...) que pressupõe a utilização dos dados das análises no contexto e programas referidos com as aberturas para que a aprendizagem aconteça na salvaguarda da descoberta e dos princípios de expressão de quem desenha.” (CARNEIRO, 1995, 95).

Projectar e representar, até há pouco tempo, sempre estiveram directamente ligados ao acto de criar e desenhar, traduzindo as intenções e expectativas do arquitecto quanto ao objecto projectado.

Com a evolução da informática, associada à difusão de *softwares* CAD (*veja-se cap1.2.2*), de apoio à concepção de imagens e objectos, introduziram-se a partir dos anos 80, mudanças radicais na forma de ver e pensar o mundo.

O desenho, enquanto parte fundamental do processo criativo, tem vindo a sofrer transformações proporcionadas pelos meios tecnológicos, o que altera e interfere nas acções cognitivas dos arquitectos. (LISBOA, 2002, s.p.).

Observamos, assim, uma ruptura com os princípios tradicionais de representação gráfica, dada pela importância do sistema informático. Resgatando a perspectiva¹² e colocando-a em ambientes tridimensionais, alterou a natureza da prática da arquitectura, trazendo novas dinâmicas. Para Fernando Lisboa:

“O computador reforça o campo do método científico único porque dá-lhe, pela primeira vez, os meios para satisfazer as suas ambições de precisão, rapidez, objectividade, persuasão e uniformidade, pelo menos no campo da organização do conhecimento e dos métodos de trabalho.” (LISBOA, 2002, s.p.).

É neste contexto que, para Lisboa, as novas ferramentas estimulam a concepção e a construção de modelos digitais, contribuindo para a *“formalização e uniformização dos procedimentos de pesquisa”* e conferindo um carácter particular e inédito à arquitectura (LISBOA, 2002, s.p.).

Em contrapartida, afirma ainda que o computador não deverá ser usado apenas como suporte para o projecto, mas também como um instrumento evolutivo e uma força generativa para aplicar à complexidade dos **ambientes construtivos e virtuais**. De acordo com o autor:

“O computador não é, somente, o lugar da linearidade, da hierarquização e do algoritmo - o lugar do cálculo - nem corresponde, inteiramente a uma visão de um mundo entendido como inteligível, racionalizável e controlável.” (LISBOA, 2002, s.p.).

Com esta transposição para o digital, o desenho ganha uma nova postura importante para a arquitectura do futuro. Como sintetiza Carneiro:

“ Com o lápis, com o computador ou outro qualquer instrumento, em qualquer suporte, espaço e plano, quem desenha constrói imagens, sempre na articulação das dimensões analógica e digital, na busca de uma síntese que seja o seu constructo e o seu relato.” (CARNEIRO, 1994, 97).

A nosso ver, simulação feita por meio do computador consente pois à arquitectura desfrutar de inúmeras potencialidades. Veio ainda, introduzir mais complexidade na informação que é construída de forma única, mas com a possibilidade da sua reprodução ser múltipla e manipulada, trazendo vantagens para o trabalho do arquitecto.

¹² A introdução da perspectiva na arte é uma das grandes inovações no período de transição do gótico para o Renascimento, sendo a primeira sistematização da representação arquitectónica.

1.2.2 - FERRAMENTAS DE CONCEPÇÃO PROJECTUAL

Neste contexto, realça-se a emergência de novos sistemas de desenho digital, e vários programas que passam desde então a fazer parte do processo arquitectónico.

A introdução do sistema CAAD (*Computer-Aided Architectural Design*) contribuiu para a experimentação de formas mais complexas, uma vez que a representação e manipulação foram facilitadas.

O nascimento deste sistema, ocorreu quando este começou a ser objecto de estudo das indústrias, no princípio da década de 60, principalmente na área automobilística e aeroespacial. Lisboa, refere a importância destes novos meios digitais para a evolução também da arquitectura, constatando que, estas mudanças surgiram em meados do ano de 1964, através da evolução de *softwares* de **Desenho Assistido por Computador**, com grande interesse na comunidade académica e científica, Expõe ainda que,

“(...) algumas companhias e organizações, em estreito contacto com a comunidade académica e científica, implementaram aplicações de tipo CAD, CAE e CAM.” (LISBOA, 1997, 32).

Paralelamente, o historiador e arquitecto Branko Kolarevic faz um paralelismo entre os processadores de texto que substituíram as máquinas de escrever, e o uso do computador no projecto que substituiu o estirador e deu origem ao termo CAD. Questionando a “*geometria tradicional*”, afirma que os *softwares* digitais dão a possibilidade de modelar e visualizar qualquer forma imaginária, o que nos oferece novos caminhos para a experimentação com formas que se afastam da “*geometria cartesiana de linhas rectas*” (KOLAREVIC, 2001, 269).

Por outras palavras, o autor afirma que as ferramentas de desenho assistido por computador possibilitaram a entrada das **ferramentas de modelação**. Acrescenta ainda que, ao associar-lhes o uso de máquinas de controlo numérico CNC (*Computer Numeric Controlled Machines*), este processo veio possibilitar a construção de formas ainda mais complexas até então muito difíceis de construir (KOLAREVIC, 2001, 278).

Deste modo, tornou-se possível pensar e executar formas num sistema integrado **CAD/CAM** (*Computer Assisted Design e Machinery*), totalmente digital.

CAD, CAE e CAM

Como vários autores descrevem, os sistemas CAD, CAE e CAM, constituem, actualmente, a “espinha dorsal” das tecnologias digitais presentes na arquitectura, contribuindo para um maior envolvimento do arquitecto, desde a primeira ideia até ao produto materializado. Por outras palavras:

“(...) o modelo digital adquire enorme protagonismo, comportando intrinsecamente a informação requerida para a sua construção. No que reporta a esta realidade favorecida pela integração CAD/CAE/CAM.” (FURTADO E AGUIAR, 2009,64).

De acordo com o arquitecto português José Pinto Duarte (DUARTE, 2007, s.p.), as novas tecnologias computacionais para a produção de arquitectura são muito variadas, e com crescentes capacidades, para facilitar a compreensão da integração das tecnologias digitais. Duarte divide-as em três grupos de instrumentos complementares entre si.

O **CAD**, “*vulgu Computer Aided Design img*”, refere-se ao:

“(...) software de modelação geométrica, que vai desde o tradicional CAD até o software paramétrico” (DUARTE, 2007, s.p.).

Por outras palavras significa *Projecto Auxiliado por Computador*. Corresponde à execução da actividade de projectar, através da criação, manipulação e representação de modelos e projectos que utilizam o computador.

Remetendo-nos aos antecedentes da origem do CAD, observa-se que, por altura de 1950, no MIT, foi utilizado pela primeira vez um *display* controlado por computador, para a geração de imagens gráficas simples. Com estas surgiu um novo ramo na Ciência da Computação, a **Computação Gráfica**. Por volta do ano de 1962, Ivan Sutherland desenvolve *Sketchpad*, (como referido anteriormente) o que lhe valeu o título de pioneiro da moderna Computação Gráfica. O *Sketchpad*, estabelece as bases que hoje conhecemos sobre gráficos interactivos por computador. No seu trabalho, o autor descreve um sistema gráfico, incluindo recursos a desenho de três dimensões (MORGAN e ZAMPI, 1995, 33).

Em 1965, comercializa-se o primeiro CAD¹³, sendo o ponto de partida para a realização de inúmeros estudos de investigação com este *software*.¹⁴ Com a evolução do CAD, surgiram também diversos sistemas dedicados ao campo da arquitectura, *softwares* utilizados para a criação do projecto desde a concepção até à construção.

¹³ Disponível em <http://www.autodesk.com> - acedido em Junho de 2010.

¹⁴ É de realçar a criação da empresa *Autodesk* (1982) por John Walker, a qual apresenta no mesmo ano a primeira versão do AutoCAD (*AutoCAD R.1*). Dois anos mais tarde, surge a *MicroStation*, que desenvolve o CAD para *Pc* (MORGAN e ZAMPI, 1995, 46). Já na década de 90, McDonnell Douglas selecciona o sistema *Unigraphics* para a sua empresa, nascendo em 1992 o primeiro CAD. Desde então, o *software* não pára de evoluir.

Existem programas CAD mais convencionais de desenho e os mais recentes de modelação paramétrica (*veja-se figura 11*). Os últimos destacam-se por serem essenciais no auxílio de tarefas de representação e visualização do projecto.

A possibilidade de desenhar em três dimensões acrescenta uma maior precisão e incrementa o poder de análise, podendo-se visualizar o objecto de estudo em diferentes vistas estáticas ou animar esta visualização. Como refere Fernando Lisboa:

"(...) o desenho assistido, automatizado ou aumentado (...) permite a representação e a experimentação de ideias e imagens de carácter gráfico, pictórico." (LISBOA, 1997, 21).

A complexidade tridimensional dos objectos em projecto também pode ser materializada e testada em modelos físicos, processo de Prototipagem Rápida, uma vez que foi comprovada a limitação das maquetas electrónicas na sua capacidade de transmitir toda a complexidade tridimensional no ecrã plano ou na impressão em papel.

O **CAE**, "*vulgu Computer Aided Engineer ing*",

"(...) engloba software de simulação e análise do comportamento dos edifícios sob diversos pontos de vista (funcional, estrutural, ambiental, etc.)." (DUARTE, 2007, s.p.).

A tecnologia CAE, complementar ao CAD, designa um conjunto de técnicas que permitem a avaliação de aspectos de um produto, dedica-se à **modelação** de informação geométrica.

CAE, é uma ferramenta de trabalho que utiliza o computador para dar suporte à engenharia. Auxilia-a no desenvolvimento de projectos por meio de **parâmetros** predefinidos, tais como: análises estáticas, dinâmicas, térmicas, magnéticas, de fluídos, acústicas, de impacto e simulações. O CAE torna-se, assim, uma ferramenta poderosa para redução de custos dum projecto e do tempo de lançamento do produto final.

A principal vantagem da utilização desta tecnologia é a possibilidade de criar protótipos virtuais dos produtos, simulando sobre eles as condições de uso e, assim, efectuar estudos prévios de fabrico de aspectos como: a estabilidade, a resistência e outros comportamentos.

A título de curiosidade refira-se que o CAE, adapta-se a diferentes áreas devido a sua grande flexibilidade, desde a construção civil à indústria automóvel. Alguns destes exemplos estão indicados na *imagem 12* deste trabalho.

	Um <i>software</i> do tipo CAD, criado e comercializado pela Autodesk, utilizado principalmente para a elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões (2D) e para criação de modelos tridimensionais (3D). Uma das suas principais características é o uso de uma linguagem consolidada de <i>scripts</i> , conhecida como AutoLISP. Disponível em www.autodesk.com - acedido a Junho de 2010.
	Um <i>software</i> de arquitectura desenvolvido pela empresa Húngara <i>Graphisoft</i> , em 1982 (originalmente para a <i>Macintosh</i>), com a particularidade de combinar os desenho 2D e 3D em simultâneo. Disponível em http://www.graphisoft.com/ - acedido a Junho de 2010.
	Da Bentley, é um programa de modelagem tridimensional, que permite renderização de imagens e animação, sendo usado para elaboração de projectos em ambiente tridimensional. Disponível em http://www.hemero.com.br/ - acedido a Junho de 2010.
	Também desenvolvido pela Bentley, é um <i>software</i> para projectos multidisciplinares, de arquitectura, engenharia, e construção. No início, foi usado sobretudo para criar desenhos construtivos, evoluindo, posteriormente, para recursos mais avançados, nos campos da modelagem e <i>rendering</i> , incluindo sólidos, <i>raytracing</i> , e animação por <i>keyframe animation</i> . Disponível em http://www.bentley.com/en-us/products/microstation/ - acedido a Junho de 2010.
	Criado em 1985 com o nome de <i>MiniCAD</i> , é um <i>software</i> de CAD desenvolvido pela empresa estadunidense <i>Nemetschek North America</i> (NNA). Destinava-se à criação e documentação de projectos pela empresa <i>Diehl Graphisoft</i> . Disponível em http://www.nemetschek.net/designer/index.php - acedido a Junho de 2010.
	Também um <i>software</i> livre na área de CAD, tem como principal característica a geração de arquivos com a extensão <i>DXF</i> , um padrão de intercâmbio dos <i>softwares</i> de CAD, tornando-se uma espécie de modelo comum a todos os <i>softwares</i> da área. Disponível em http://www.qcad.org/ - acedido a Junho de 2010.
	Anteriormente conhecido como <i>3D Studio Max</i> , é um programa de modelagem tridimensional que permite renderização de imagens e animações. É muito usado em produção de filmes de animação, criação de personagens de jogos em 3D, publicidade, maquetas electrónicas e na criação de qualquer mundo virtual. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/3ds_Max - acedido a Junho de 2010.
	Ou <i>blender3d</i> , é um programa de computador de código aberto, desenvolvido pela <i>Blender Foundation</i> , para modelagem, animação, texturização, composição, renderização, edição de video e criação de aplicações iterativas em 3D. Disponível em http://www.blender.org/ - acedido a Junho de 2010.
	também conhecido como <i>Rhino</i> ou <i>Rhino3D</i> , é um <i>software</i> proprietário de modelagem tridimensional baseado na tecnologia NURBS. Desenvolvido pela <i>Robert McNeel & Associates</i> para o sistema operacional <i>Windows</i> , o programa nasceu como um <i>plug-in</i> para o AutoCAD. Disponível em http://www.rhino3d.com/ - acedido a Junho de 2010.
	É um editor de projectos, conhecido como um <i>software</i> de CAD, para desenho em 2D e 3D, desenvolvido originalmente pela <i>DATA CAD LLC</i> . Na sua origem esteve voltado para a arquitectura e construção civil e hoje, incorpora diversos recursos que expandiram a sua área de utilização. Disponível em http://www.datacad.com.br/datacad.htm - acedido a Junho de 2010.
	É um <i>software</i> proprietário para a criação de modelos em 3D. Foi originalmente desenvolvido pela <i>At Last Software</i> , uma empresa estadunidense com sede em <i>Boulder, Colorado</i> . Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/SketchUp - acedido em Junho de 2010.
	Desenvolvido pela <i>SolidWorks Corporation</i> em 1997, é um <i>software</i> de CAD para o <i>Windows</i> . Foi a segunda revolução no mundo dos 3D, baseando-se em computação paramétrica e criando formas tridimensionais a partir de formas geométricas elementares. No ambiente do programa, a criação de um sólido ou superfície começa com a definição de topologia num esboço 2D ou 3D. Disponível em http://www.solidworks.com - acedido em Junho de 2010.
	É um editor algoritmo gráfico, integrado com ferramentas 3D de modelagem <i>Rhino</i> , que permite aos utilizadores criar e gerar formulários a partir do mais simples ao mais imponente. Oferece, também, uma interface gráfica intuitiva para trabalhar com componentes e parâmetros capazes de expandir as ferramentas disponíveis. Disponível em http://www.grasshopper3d.com/ - acedido em Junho de 2010.

Fig. 11 - Exemplo de Softwares CAD.

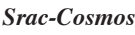
	Uma ferramenta de análise e simulação, possibilita prever o comportamento dos produtos, e é utilizado para produzir protótipos digitais com carácter real. Disponível em www.catia.com - acedido em Junho de 2010.
	<i>Softwares</i> criados em 1984, são direccionados para trabalhar com a área de engenharia civil e estruturas, sendo também usados para ensaios de <i>crashtests</i> de automóveis. Disponível em http://www.caeproject.com - acedido em Junho de 2010.
	Um <i>software</i> criado pela empresa <i>Structural Research & Analysis Corporation</i> em 1982, dispõe de soluções para a maior parte de testes de simulações necessárias às diversas áreas da engenharia, nomeadamente a mecânica. Disponível em http://www.caeproject.com - acedido em Junho de 2010.
	Um <i>software</i> criado em 1978, é vocacionado para a indústria de plásticos que disponibiliza parâmetros como: <i>Moldflow Plastics Advisers</i> e <i>Moldflow Plastics Insight</i> . Disponível em http://www.cadit.com.sg/solutions/moldflow/moldflow_successstories.htm - acedido em Junho de 2010.
	Um <i>software</i> CAE profissional cuja finalidade é auxiliar o desenvolvimento de projecto electrotécnico, nomeadamente na construção de esquemas eléctricos, geração automática de documentação e integração com outras ferramentas de <i>software</i> . Disponível em http://www.hemero.com.br/ - acedido a Junho de 2010.

Fig. 12 - Exemplo de Softwares CAE.

O CAM, “vulgu *Computer Aided manufacturing img*”,

“O terceiro grupo inclui a produção assistida por computador, quer de modelos físicos (dita prototipagem rápida), quer dos próprios edifícios.” (DUARTE, 2007, s.p.).

Este inclui as tecnologias de produção assistida por computador, utilizadas no fabrico de modelos físicos e componentes construtivos por máquinas CNC. A estas tecnologias é inerente a utilização de programas que transmitem a informação dos modelos digitais para a máquina de fabrico, denominados por programas de manufatura assistida por computador. A tecnologia CAM, está no processo de **produção e manufactura** auxiliada por controlador numérico, tendo como base modelos matemáticos provenientes do sistema CAD.

A tecnologia de *Desenho Assistido por Computador* engloba toda a geometria de um projecto, assistindo tanto à sua concepção, como à sua comunicação. Essa geometria serve, depois, como base ao trabalho de CAE e CAM. Em qualquer fase do projecto, as tecnologias CAD/CAM oferecem a possibilidade de converter directamente a informação contida num modelo digital em instruções numéricas de fabrico, diminuindo a interferência do utilizador.

A Prototipagem Rápida

Com os avanços e aperfeiçoamento dos programas informáticos, surge o termo Prototipagem Rápida¹⁵, uma tecnologia, desenvolvida nas últimas duas décadas. Como refere o engenheiro brasileiro, António Gorni:

“O termo prototipagem rápida designa um conjunto de tecnologias usadas para se fabricar objectos físicos directamente a partir de fontes de dados gerados por sistemas de projecto auxiliado por computador (CAD).” (GORNI, 2001, s.p.).

A utilização da Prototipagem Rápida, num processo de desenvolvimento de um produto, apresenta, segundo o engenheiro português, Jorge Lino, as seguintes vantagens:

“(...) a realização rápida de protótipos pode construir um suporte às acções de marketing e mesmo um precioso auxiliar à comercialização dos produtos.” (LINO et al, 2000, s.p.).

As principais características dos equipamentos de prototipagem rápida, de acordo com o autor, são:

“Baixo custo de produção; Passível de ser usado em ambiente de escritório; Operação automática e de fácil uso; Elevada rapidez.” (LINO, 2001, 38).

¹⁵ Protótipo surge no dicionário como sinónimo de: “*padrão, exemplar modelo*”. (DICIONÁRIO, 1997, 1470).

Como descreve Lino, as tecnologias de Prototipagem Rápida dividem-se em três categorias principais, nomeadamente: Prototipagem Rápida por Adição, Prototipagem Rápida por Subtracção e, por último, Prototipagem Rápida por Deformação ou Corte.

A **Prototipagem Rápida por Adição** ou prototipagem rápida aditiva trabalha por adição de material. Existem equipamentos diversos que proporcionam a construção de protótipos rápidos via adição de camadas de materiais, tendo em comum a possibilidade de construir geometrias complexas, sem ser necessário a utilização de algum tipo de ferramenta de construção, como moldes. (CALÓ, FURTADO et al, 2009: 16)

Como base no projecto Lidera nº68, concluímos que dentro da prototipagem rápida por adição existem **diferentes processos** que permitem a construção de um modelo (CALÓ, FURTADO et al, 2009, 16), sendo eles:

Estereolitografia (SLA) – Foi o processo pioneiro, patenteado em 1986, o qual provocou a revolução da prototipagem rápida (LINO, 2001, 52-53); esta técnica constrói modelos tridimensionais a partir da sobreposição de camadas de resina polimérica líquida, como se mostra na *Figura 13* deste trabalho.

Sintetização a Laser Selectivo (SLS) – Técnica desenvolvida por Carl Deckard, e patenteada em 1989. Onde o modelo é construído através da sobreposição de camadas de polímeros em pó.

Impressão Tridimensional (3D P) – Ao contrário das técnicas acima, neste processo, é utilizado o conceito “(...)de jacto de tinta da impressora de um computador mas ao invés de tinta é utilizado um agente aglutinante.” (CALÓ, FURTADO et al, 2009, 16). (veja-se figura 14)

Laminated Object Manufacturing (LOM) – Foi desenvolvido em 1985 por Hydronetics em Chicago, este método é obtido através da colagem sucessiva de folhas de papel.

Fused Deposition Modeling (FDM) – Desenvolvido em 1988 por S.Scott. Neste método os objectos são construídos por extrusão de Filamentos de polímeros. (veja-se figura 15)

Na **Prototipagem Rápida por Subtracção** ou subtractiva, os modelos são obtidos por remoção de diversos materiais, bidimensional ou tridimensionalmente.

Apesar de existir como resultado da construção e desenho de um modelo digital, esta tecnologia remete para novas materialidades.

No entanto, segundo o grupo de investigação Lidera 68, a **Prototipagem Rápida por Deformação ou Corte**:

“(...) são máquinas que servem para cortar materiais ou deformá-los. Na deformação existe dois grandes grupos: dobragem, e uma quinagem, enquanto que as cortadoras se dividem em três grupos: laser, vinil e jacto de água.” (CALÓ, FURTADO et al, 2009, 17).

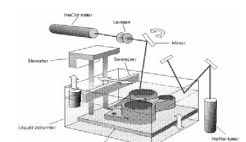


Fig. 13
Estereolitografia (SLA)

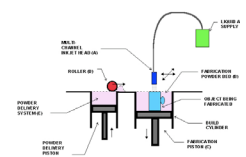


Fig. 14 - Impressão tridimensional (3D P)

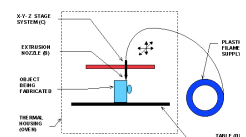


Fig. 15 - Fused D. Modeling (FDM)



Fig. 16 - Greg Lynn,
Prettygoodlife.com



Fig. 17 - Erwin Hauer,
Design I, 1950.



Fig. 18 - Máquina de
prototipagem rápida Z-Corp

Paralelamente, como refere Lino, podemos verificar que a técnica de prototipagem rápida, introduzida no mercado em 1991, cria novas perspectivas de projecto e influência o processo criativo permitindo mais rapidamente a materialização de protótipos (LINO, 2001, 38).

Em síntese, segundo Furtado e Aguiar:

“(...) um dos aspectos mais interessantes das novas ferramentas e sistemas de projecto tem a ver com a indistinção entre concepção, produção e experiência. Com os CAD-CAM quando se constrói um desenho também se está a desenhar, (...) em oposição a este entendimento redutor, o domínio de algumas destas ferramentas de resto privilegia meros interesses formalistas, permitindo o perseguir de uma solução e o contacto com o mundo concreto da realidade construtiva/tectónica. (...) podendo deduzir-se que a concepção de formas geometricamente complexas, digitalmente concebidas, aponta em sentido lato para um reposicionamento da técnica, e da construção de arquitectura.” (FURTADO e AGUIAR, 2009, 67).

Podemos concluir, referindo portanto que o desenvolvimento da tecnologia computacional promoveu várias melhorias nos procedimentos de representação e de construção de ambientes, até então, demonstrados através de desenhos ou maquetas de escala reduzida. (veja-se figuras 16, 17 e 18) A possibilidade de criar maquetas digitais trouxe diversificação na apresentação e no desenvolvimento do projecto, permitindo que estas maquetas possam ser exploradas pelas novas tecnologias.

1.3 - ESTÉTICAS E LINGUAGENS

Como já estudado no capítulo anterior, foi apenas nos últimos anos, que os avanços das tecnologias, CAD/CAM, começaram a ter um grande impacto na concepção e na prática da arquitectura. Neste sentido, far-se-á, aqui, uma breve abordagem de possibilidades que as tecnologias digitais facultam na condução de um projecto, desde a sua concepção – *Fabricação Digital* - à sua materialização – *Tectónica Digital* - como informação operativa, criativa e estética em arquitectura. Neste sentido serão expostos conceitos como: *Morfogénese*, *Geometria* e *Topologia*. É também feito um paralelo entre Arquitectura/Ciência/Tecnologia, resultando em termos como, *Arquitectura Recombinante* e *Arquitectura Genética*.

1.3.1 – PROCESSOS DE MANIPULAÇÃO E FABRICAÇÃO DA FORMA

Ao contrário do desenho tradicional, o desenho digital, juntamente com ferramentas apropriadas CAD/CAM (veja-se cap.1.2.2), facilitam e potenciam novas estéticas.

É neste sentido que surgem, mais recentemente, outros autores de relevo que começaram por delinear uma **nova fase de desenvolvimento do digital**. Autores que recorrem a estas tecnologias como meio de criar um campo de resposta à arquitectura digital, numa tentativa de gerar novos conceitos e novas possibilidades. (veja-se figura 19)

Relativamente a autores que têm vindo a reconhecer novas oportunidades formais proporcionadas pelas tecnologias digitais CAD/CAM, é de destacar o exemplo do arquitecto, professor da UPenn¹⁶ e ex-presidente da ACADIA¹⁷, Branko Kolarevic.¹⁸ Este foi já referido anteriormente no estudo da relação das tecnologias de informação no campo da arquitectura, sobre o qual afirma que estas potenciam relações directas entre projecto e construção, através de processos CAD/CAM (veja-se cap. 1.2.2.). No seu trabalho, procura sintetizar o desenvolvimento da prática projectual e construtiva apoiada nas novas tecnologias. Enfatiza, também, caminhos de **exploração tectónica**, interessando-se pela investigação da tipologia, tema que iremos expor em seguida. Kolarevic desenvolve, ainda, conceitos como a arquitectura performativa, a que dá resposta às mudanças nas “condições sociais, culturais e tecnológicas” e na qual:

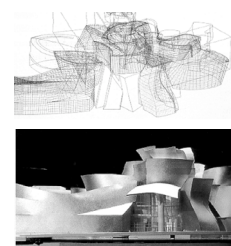


Fig. 19 - Museu Guggenheim 1991-97, modelação CATIA.

¹⁶ UPenn - Departamento de Arquitectura da Universidade da Pennsylvania, Estados Unidos

¹⁷ ACADIA - Association for Computer Aided Design In Architecture.

¹⁸ Distinguem-se, entre as suas obras, os livros *Architecture in the Digital Age. Designing and Manufacturing* (2003), *Performative Architecture. Beyond Instrumentality* (2004) e *Manufacturing Material Effects. Rethinking Design and Making in Architecture* (2008).

"(...) o espaço, a cultura e tecnologia formam uma rede complexa activa de conexões, uma rede de construções inter-relacionadas que se influenciam mutuamente de modo contínuo e em simultâneo." (KORALEVIC, 2008, s.p.).

Esta análise dos processos digitais para geração da arquitectura, está também presente no estudo *Digital Tectonics*, em 2004, do arquitecto Neil Leach.

Por seu lado, Peter Zellner, com o seu livro *Hybrid Space*, analisou várias práticas de arquitectura a nível mundial, que tentavam conectar o mundo real com o mundo virtual, explorando as capacidades do computador para criar formas inesperadas através da animação digital e de algoritmos complexos. Para Zellner, a constante procura está a provocar uma fase de mudança na percepção e compreensão do espaço.

Consequentemente, autores como o arquitecto, inglês Neil Spiller centrava-se em áreas de investigação multidisciplinares que incluem: o estado de mudança do desenho arquitectónico, materiais inteligentes, desenho arquitectónico assistido por computador, manufactura auxiliada por computador, sistemas emergentes, ambientes sensíveis, projecto arquitectónico do ciberespaço, imperatividade, cibernética e sistemas em desenvolvimento e design de algoritmos (SPILLER,2002,5).

Mais recentemente, em *Reflexive Architecture* (2002), juntamente com o arquitecto Hani Rashid, o autor evidencia a capacidade do digital para a concepção das formas complexas e transformáveis, as quais, segundo o autor, irão potenciar relações entre “ecologias” urbanas e uma “*Arquitectura Reflexiva*” (SPILLER,2002,21-22).

Arquitectos como, Greg Lynn e Hani Rashid, criam os seus projectos a partir das possibilidades dadas pelo digital, obtendo formas dificilmente imagináveis. É também de importante de evidenciar o trabalho feito pelo arquitecto Hani Rashid no escritório americano Asymptote, onde usa tecnologias computacionais para criar projectos fluídos e flexíveis, como por exemplo o projecto *Hydrapier*. Muitos projectos do escritório *Asymptote* vivem no espaço de uma realidade virtual, assumindo uma condição de procura gratuita na determinação da forma. Para Rashid, o computador permite esboçar novas formas no âmbito fílmico, sonoro e textual, e pode ser utilizado para transgredir as normas da arquitectura tradicional.¹⁹

Numa perspectiva similar, o arquitecto americano e professor da UCLA Greg Lynn²⁰, enfatiza potencialidades de concepção projectual de formas animadas para o projecto. O seu trabalho contribuiu de forma significativa para a compreensão do potencial do computador na arquitectura. Tem como propósito, a sua introdução como importante

¹⁹ É de destacar as seguintes publicações do escritório Asymptote: *Architexturing Copenhagen*, *Architecture for the future*, (in *AD Profile*, nº133, p.62-65), *Asymptote Architecture* (1996), e *Asymptote: Architecture at the Interval*. Rashid + Couture (1995), disponível em www.asymptote.net acedido a Julho de 2010.

²⁰ Com publicações de destaque como: *Folding in Architecture* (1993), *Animate Form* (1998) e *Folds, Bodies and Blobs: Collected Essays* (1998).

instrumento de concepção do projecto de arquitectura. Ao utilizar relações geométricas e matemáticas presentes na natureza, cria formas zoomórficas, que simultaneamente exploravam as potencialidades do computador enquanto instrumento e também experimentavam a aplicação de modelos estruturais naturais na arquitectura.

Com base nos autores referidos, analisaremos de seguida uma nova abordagem à metodologia do projecto arquitectónico. A Tectónica digital, uma metodologia de evolução que integra a utilização de softwares na materialização da arquitectura.

Como já temos vindo a referir, a omnipresença do computador está em todo o **ciclo de produção** arquitectónica (veja-se figura 20), tornando-se quase uma necessidade para a arquitectura contemporânea.

Segundo Furtado e Aguiar, estas ferramentas são utilizadas cada vez mais e em diferentes etapas do exercício da arquitectura, na concepção da forma, na estrutura e na sua execução.

“A circunstância contemporânea pós-industrial, em que hoje vivemos, encontra-se fortemente dependente das tecnologias digitais .” (FURTADO e AGUIAR, 2009a, 66).

Por outras palavras, como nos descreve Kolarevic, vivemos numa sociedade contemporânea caracterizada por processos dinâmicos, abertos, com transformações imprevisíveis. Deparamo-nos com um mundo arquitectónico em transformação, consequência do uso cada vez mais consistente de sistemas de modelação tridimensional (KOLAREVIC, 2003, 3).

Tectónica Digital

O termo ***Tectónica***, assume-se como um aspecto central na arquitectura, tendo sido utilizado desde há vários séculos. Este conceito tem uma longa história, remetendo a sua origem à palavra grega *Tekton*, que significa carpinteiro e construtor.

Ao longo do tempo, vários teóricos como Karl Bötticher, Gottfried Semper, Sekler Eduard, Kenneth Frampton, ou Anne Beim, têm vindo a discutir o termo “*tectónica*”.

Parafraseando, o professor, Yu-tung Liu²¹, o alemão Karl Bötticher foi o primeiro a abordar o papel da tectónica na arquitectura, caracterizando-a com dois significados distintos: união dos elementos que compõem uma unidade, ou uma estrutura interior de uma peça de arte, ou seja, o físico (materialidade) e o abstracto na arte da construção. O arquitecto alemão, Gottfried Semper, por sua vez, também faz uma divisão entre os aspectos técnicos e os simbólicos, colocando o foco sobre a coerência entre o material e o método de fabricação (LUI, 2009, 20).

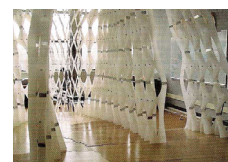


Fig. 20 - Digital Weave. University of California, Lisa Iwamoto, 2004.

²¹ Yu-tung Liu, professor fundador da *Graduate Institute of Architecture* e vice presidente da *Asia University*, Taiwan.

Também o arquitecto britânico Kenneth Frampton²², é visto como responsável por um estudo crítico sobre a tectónica que marcou as últimas décadas. O autor analisa as formas construtivas e estruturais de espaços arquitectónicos, afirmando que a tectónica é uma poética da construção, e que o seu potencial deriva da capacidade de articular tanto a poética como os aspectos cognitivos da sua substância.

Quando considerarmos os termos **Digital** e **Tectónica**, podemos concluir que eles são contraditórios entre si. Mais recentemente, com o intuito de abordar o processo digital de concepção e construção, Mitchell (1998) argumentou que os elementos fundamentais e os processos de construção digital e clássico são opostos. O Digital é compreendido como “virtual”, abstracto e livre das leis da natureza; enquanto a Tectónica é tátil, concreta, e surge como uma reacção às leis da natureza (LUI, 2009, 20).

Portanto, a combinação destes dois termos nem sempre é fácil de observar, existindo inúmeras opiniões diversas relativamente ao modo como a expressão *Tectónica Digital* deve ser interpretada. Uma das sugestões para a sua descrição é-nos dada pelo professor e arquitecto, Wassim Jabi. Este refere que a maturidade do campo da fabricação digital abriu a possibilidade de expor a Tectónica Digital. No seu ensaio sobre o tema, o autor descreve o termo Tectónica Digital como:

“A poética da arquitectura concebida digitalmente, estruturalmente clarificada e directamente manufacturada.” (JABI, 2004, 8-14).

De acordo com a arquitecta Anne Beim²³, a visão tectónica é definida como: investigações sobre novos materiais, tecnologias, estruturas e práticas de construção, o que Beim define como “*o (novo) sentido de arquitectura*” (BEIM, 1999, 20), expõe os princípios da forma, e reflecte sobre a escolha da tecnologia de construção num projecto de arquitectura. A autora afirma, também, que hoje, na maior parte das vezes, a palavra tectónica é usada para descrever a estética, a materialidade e intenções construtivas (BEIM, 1999, 20). As questões estéticas, expostas por Beim, encontram as suas raízes no filósofo alemão Immanuel Kant, nas suas referências a objectos belos da natureza e da arte.

A **Estética** é a parte da filosofia que se define como o estudo da forma ideal ou beleza; é a filosofia da arte. Quando o autor fala de estética na arquitectura, conclui que um objecto estético se torna um edifício, um pormenor arquitectónico. Ao tecermos considerações sobre o belo em arquitectura, esbarraremos sempre no paradigma forma.²⁴

²² Ver os seus importantes estudos “*Towards a Critical Regionalism*” (1983), e “*Studies in Tectonic Culture*” (2001).

²³ “*Tectonic Visions in Architecture*” (1999).

²⁴ Informação disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Immanuel_Kant#Ju.C3.ADzo_Est.C3.A9tico_de_Kant - acedido em Maio de 2010.

A **forma** situa-se entre os paradigmas da arquitectura que demarcam correntes arquitectónicas ao longo da história, sendo normalmente vinculada à geometria, a grosso modo pelos elementos que desta faz uso.

Tectónica Digital é, então, uma metodologia em desenvolvimento que integra a utilização dos novos *softwares*, englobando conceitos como: estética, tecnologia estrutural, continuidade, morfologia, e forma.

Podemos concluir, portanto, que as novas técnicas e ferramentas que estão disponíveis através de programas de computador podem ser usadas para desenvolver a **estética da forma**, lidando com as suas composições complexas com maior facilidade e rigor, possibilitando manter uma arquitectura abstracta e fluída. (KOLAREVIC, 2003, 8).

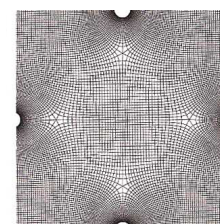
Imprimir uma nova estética, parece ser um dos objectivos das novas técnicas e mecanismos existentes. Os novos sistemas visuais e espaciais, utilizados na actualidade, permitem excelentes performances através da optimização das soluções encontradas, onde é possível controlar as complexas composições formais. Quer a nível conceptual, quer a nível formal, esta nova plataforma veio interpor um corte ideológico com o sistema tradicional de construir (KOLAREVIC, 2003,6).

Neste contexto, podemos concluir referindo que estas novas ferramentas permitem criar um objecto arquitectónico baseado na escolha da sua materialidade, o que designamos por Tectónica Digital. Assim, surgem inúmeras possibilidades de “**génese formal**”, através das ferramentas digitais, simbolizando o que vários autores descrevem como Morfogénese.

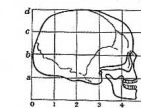
Para melhor entender o termo “morfogénese”, é necessário resgatar o conceito de *ciência da morfologia* proposto pelo escritor alemão, Johann Goethe. Parafrestando o matemático escocês, Thompson D’Arcy, Goeth tentava comprovar que:

“A forma de qualquer matéria, viva ou morta, e as mudanças da forma, que se manifestam nos seus movimentos e no seu crescimento. Podem em todos os casos ser descritas como acções de forças invisíveis.” (D’ARCY, 1992, 11)²⁵

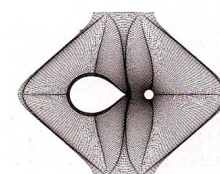
Em suma, a forma de um objecto é um “**diagrama de forças**”. D’Arcy, referiu ainda, que um organismo não é somente a natureza dos movimentos que devemos interpretar como forças, mas também a conformação do próprio organismo, (veja-se figura 21) a sua morfogénese.



Map for principal curvatures on Costa minimal surface



D’Arcy Thompson’s conformal mapping



Study for shell structure

Fig. 21 - Algoritmos, Forma geometria. D’Arcy Thompson’s.

²⁵ Disponível em http://books.google.com/books?id=9NMM9l5FMUC&dq=On+Growth+and+Form&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s - acedido em Junho de 2010.

Morfogéneses Digitais

Estas novas abordagens digitais ao projecto arquitectónico são geradas a partir de vários processos informáticos de criação e de transformação da forma.

Kolarevic classifica estes novos métodos criativos em vários grupos distintos, tais como, Arquitecturas Topológicas, Isomórficas, Metamórficas e Paramétricas (KOLAREVIC, 2003, 13).

Segundo Zellner, **Espaços topológicos**, são aqueles que derivam do campo da geometria e têm vindo a ser cada vez mais estudados na arquitectura contemporânea. O conceito topológico refere-se a um conjunto de propriedades geométricas de determinado objecto (ZELLNER, 1999, 12).

Neste sentido refira-se que a **geometria**, foi a mais antiga manifestação da matemática, remontando ao ano 3000 A.C. O Egipto possuía conhecimentos de geometria necessários para reconstituir as marcações de terrenos, e para a construção das célebres pirâmides. Alguns séculos mais tarde, foi na Grécia que se verificou um grande desenvolvimento no estudo da geometria. Quase ao mesmo tempo surge Euclides de Alexandria, célebre geómetra, que sintetizou a geometria conhecida até então, no seu tratado, “*Elementos*”.

Mais tarde, Felix Klein²⁶, descreveu a geometria como um conjunto de transformações de uma superfície ou sólido, ou do espaço que o contém. Em 1871, Klein expõe a “*geometria euclidiana*”, que, segundo ele, estuda as propriedades geométricas que são invariantes sob transformações rígidas ou isométricas, e em oposição, as “*geometrias não-euclidianas*”, estudam as transformações que não se verificam no Plano Euclidiano.²⁷

Dentro das *geometrias não-euclidianas*, a **Topologia** caracteriza-se pela análise de propriedades de figuras geométricas invariantes sob transformações topológicas. A topologia deriva dos termos - *logos* (estudo), *topos* (lugar), e foi chamada, por Gottfried Leibnitz de “*geometria de oposição*”.

Para a topologia, se uma superfície for esticada ou encolhida, algumas propriedades dela mantêm-se inalteradas, podendo, como resultado, determinar a similaridade entre formas geométricas: portanto, à tipologia não interessa a forma, que está vinculada à topografia, mas as relações existentes entre pontos desta forma.²⁸

A título de exemplo e como refere Kolarevic, as Arquitecturas Topológicas, são expressas através de desdobramentos de pequenos volumes que empregam a geometria topológica, “*rubber-sheet*”, de curvas e de superfícies contínuas (KOLAREVIC, 2003, 4), como é o caso das superfícies que são matematicamente descritas como NURBS (*non uniform rational*

²⁶ Felix Klein “foi um matemático alemão cujo trabalho incidiu na geometria não-euclidiana e nas interligações entre a teoria dos grupos e a geometria.” Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Felix_Klein - acedido em Junho de 2010.

²⁷ Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Felix_Klein - acedido em Junho de 2010

²⁸ Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Euclides> - acedido em Junho de 2010.

b-splines), Furtado e Aguiar por exemplo sublinham a importância dos NURBS, descrevendo esta associação topológica como:

“(...) um dos sistemas computacionais de modelação geométrica tridimensional universalmente mais adoptado, caracterizado pela flexibilidade das ‘splines’ (e das superfícies por elas definidas), garantidas pela sua definição vectorial.” (FURTADO e AGUIAR, 2009, 64).

Deste modo, NURBS permitem, a reconfiguração e representação das formas geométricas de uma forma compacta, usando curvas e superfícies paramétricas, controladas pela manipulação e controle de pontos e nós e possibilitam

“(...) relacionar de um modo paramétrico, as dimensões físicas e outras variáveis de modelo tridimensional” (FURTADO e AGUIAR, 2009,64).

Paralelamente Kolarevic afirma que tal permitiu a abertura a um mundo de formas complexas que até então as tecnologias CAD/CAM não permitiam. Referindo que:

“O que faz as curvas e as superfícies NURBS particularmente atraentes é a capacidade de controlar facilmente a sua forma e de manipular os pontos de controle.” (KOLAREVIC, 2003,15).

Por sua vez, na busca de um modo de formalizar os fluxos da sua arquitectura líquida, Novak desenvolveu linguagens de programação que produziam superfícies curvas mais fluídas. A geometria dessa espacialidade convergiu para a utilização de **Arquitecturas Isomórficas**, designadas como: *Blobs* ou *Metaballs* (veja-se figura 22).

Como refere Kolarevic, estas técnicas são formas que interagem entre si, conectando-se através de uma lógica onde o todo está sempre aberto a variações de novas formas. São, também, inovações que foram introduzidas pelos novos simuladores e *softwares* de animação, explorando a fundo o potencial dos motores de cálculo dos mais sofisticados *softwares*. Nos contextos urbanos actuais, estes objectos são transformados em ícones, dotados de uma grande percepção devido às suas características visuais extremamente fortes e à justaposição formal criada entre *"blobby"* e *"boxy"*. (KOLAREVIC, 2003, 7).

A técnica *Metaballs* também chamada *Blobs*, tem como principal característica o uso da interactividade da sua superfície para variar a sua própria forma. Esta é conseguida através da conexão das características intrínsecas dos seus elementos constituintes e as relações mutáveis entre eles, num tipo de geometrização paramétrica dos modelos relacionados e mediada por diferentes parâmetros. Como refere Kolarevic:

“Blobs ou Meraballs, (...)são objectos construídos de forma amorfa composta de conjuntos de objectos paramétricos com forças internas de massa e de atracção (KOLAREVIC, 2003,21).

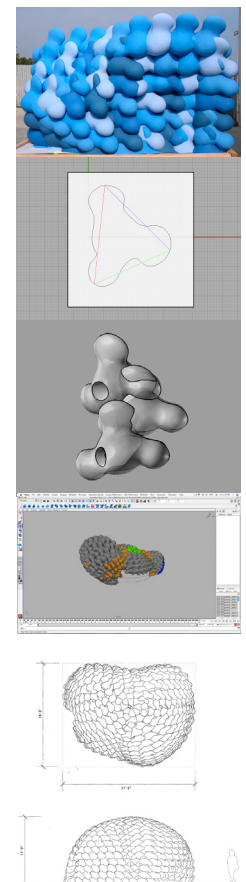


Fig. 22 - Blobwall Pavilion, Greg Lynn

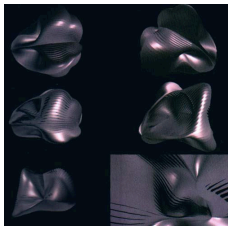


Fig. 23 - Embryo House.
Modelo Virtual. Greg Lynn.

Para o arquitecto Greg Lynn, *Blobs* são macias massas amórficas e estão relacionadas com a investigação espacial da topologia (LYNN, 2004, 158). Para o autor, esta plástica transforma o espaço, torna-o diferente dos espaços fragmentados, e, por vezes, dá ênfase à plástica e à materialidade do objecto que a envolve.

Como recursos de geração de forma, são usados os *softwares* de animação, inicialmente concebidos para usar na indústria do cinema, os quais Kolarevic designa por **Arquitecturas Metamórficas ou Animadas**. Tratam-se de animações definidas pela presença mútua de movimento e força no momento da concepção projectual formal. Deslocamento implica movimento e acção. Porém, a evolução da forma é sugerida pela animação, em que as simulações dinâmicas levam em consideração os efeitos das forças em movimento e onde as suas propriedades físicas como massa, elasticidade ou estática são definidas (veja-se figura 23).

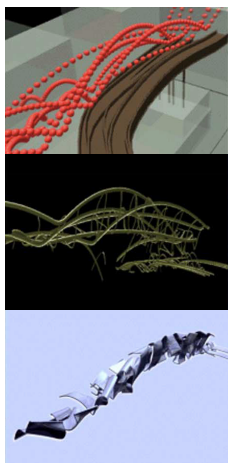


Fig. 24 - Animate architecture:
Lynn's Port Authority
Bus Terminal in New York.

A forma arquitectónica tem que responder à dinâmica e variáveis relacionadas com o meio ambiente e o contexto socioeconómico. Ao invés de ser concebida estaticamente, ela é aqui gerada através de programas de animação (KOLAREVIC, 2003, 19). Como nota Kolarevic, o arquitecto Grey Lynn, foi um dos primeiros a utilizar programas de animação para conceber os seus projectos, usando as modelações digitais para a realização de formas complexas chamadas “*Blobs*”. No seu trabalho intitulado “*Animate form*”, onde lança as bases metodológicas acerca do tema, o autor Greg Lynn, desenvolve o conceito de **Projecto Animado**. Lynn tem uma visão baseada na introdução de formas e movimentos, na concepção da forma e distingue os conceitos de movimento e animação (veja-se figura 24).

Enquanto o primeiro enquadra movimento e acção, o segundo desencadeia a evolução formal. Animação, é um termo com vários significados, mas, para Lynn, muitas vezes é confundido com movimento. Segundo o autor, o movimento implica acção, enquanto a animação implica a evolução de uma forma, podendo esta ser modelada (LYNN, 1999, 9).

Lynn, utiliza diversas técnicas de modelagem baseadas em movimento: animação por *Keyframe* (quadro-chave), *forward and inverse kinematics* (cinética avançada e invertida), dinâmicas (campos de força) e emissão de partículas. Para o autor, as formas animadas são também:

“(...) definidos pela co-presença de movimento e força no momento da concepção formal. Força é uma condição inicial, a causa de ambos, o movimento e as inflexões particulares de uma forma.”

(LYNN, 1999, 13).

Um dos conceitos emergentes directamente relacionado com a transmissão de dados, é o de **Desenho Paramétrico**. Estamos perante um sistema regido por vários parâmetros, que se baseia no desenvolvimento formal, de acordo com relações geométricas (veja-se figuras 25).

Como explica Kolarevic:

“O importante neste tipo de projecto são os parâmetros e não a forma. Atribuindo diferentes valores às variáveis das equações, diferentes objectos e configurações são obtidos. As equações podem ser usadas para descrever as relações entre objectos, definindo uma “geometria associativa”. (KOLAREVIC, 2003, 169).

No dicionário, o significado de parâmetro é:

“(...) princípio ou norma de ter em conta na estruturação de um problema ou sistema de problemas; variáveis de que dependem as coordenadas de um ponto num espaço dado.” (DICIONÁRIO, 1997, 1341).

Segundo Kolarevic, os parâmetros de um objecto são determinados, quando podemos obter diversas configurações de uma mesma família de objectos (KOLAREVIC, 2003, 169).

Deste modo, podemos constatar que todas estas abordagens acima referidas são obtidas por pequenas mudanças incrementais ao longo da geração formal; potenciam o surgimento de novas possibilidades e de novos paradigmas da complexidade, consequência das ferramentas digitais. A utilização quase exclusiva de geometrias topológicas torna-se dependente do programa computacional subjacente.²⁹

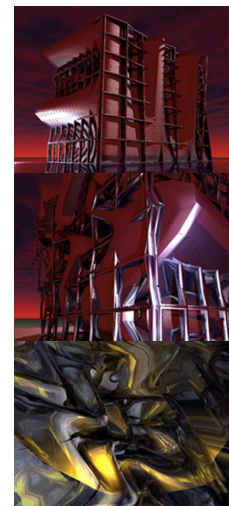


Fig. 25 - Parametric architecture: Marcos Novak's "algorithmic spectaculars."

²⁹ Há que sublinhar, também, o aumento de experiências desenvolvidas nas últimas décadas, as quais reúnem um conjunto de práticas artísticas que ultrapassam os modelos tradicionais. Termos como: *Bioart*, *Arte Biológica*, ou *arquitectura recombinante*, são cada vez mais utilizados pelos arquitectos como práticas híbridas que relacionam as novas tecnologias com a arquitectura e a ciência. “A *arquitectura recombinante* desencadeia relações alegóricas entre corpo e estrutura, incorporando corpos arquitectónicos e biológicos em interiores e exteriores reversíveis e contínuos, incluindo cyborgs e corpos transgénicos, tessituras celulares generativas, híbridos corpo-arquitectura, habitats replicantes e arquitectura e materiais de construção geneticamente manipulados.(...) a *arquitectura recombinante* examina o profundo impacto cultural da biotecnologia, incluindo a genética, a genómica e engenharia transgénica, no imaginário da arquitectura.” (BRATTON, 2002, 50). Paralelamente, a arquitectura genética é, segundo Karl Chu, a biomorfologia algoritmica, a concepção de formas arquitectónicas à imagem de uma realidade corpórea bimórfica e genética. Este define o espaço genético como um domínio de mundos possíveis, gerados através do tempo pelas máquinas.