

Fernando Miguel Santos Flores



Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciência e Tecnologia

**A influência das tecnologias digitais, no processo de pensar/desenhar
Arquitetura**

Porto

Março, 2015

Fernando Miguel Santos Flores

A influência das tecnologias digitais, no processo de pensar/desenhar
Arquitetura

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciência e Tecnologia
Mestrado de Arquitetura e Urbanismo
Porto, 2015

Fernando Miguel Santos Flores

A influência das tecnologias digitais, no processo de pensar/desenhar
Arquitetura

Trabalho apresentado à
Universidade Fernando Pessoa
como parte dos requisitos para
obtenção do grau Mestre em
Arquitetura e Urbanismo sob a
orientação do Professor Pedro
Santiago

RESUMO

A presente dissertação de mestrado pretende abordar a influência das ferramentas digitais durante todo o processo arquitectónico, demonstrando a evolução desde o uso do lápis à utilização da robotização, alterando assim a forma de pensar do arquiteto, não deixando de referir a influência da arte na Arquitetura.

Esta mudança de pensamento não é característica apenas dos dias de hoje, sendo visível ao longo da dissertação de que os grandes nomes da arquitetura, também passaram por uma fase de mudança de paradigma, fruto da evolução tecnológica, que levou ao aparecimento de novos estilos e teorias.

O paradigma actual reflecte-se na utilização das ferramentas digitais e na forma como elas vão influenciar a Arquitetura dos dias de hoje.

A variedade de ferramentas existentes permite que arquiteto explore a sua criatividade, de uma forma mais complexa e precisa.

Como exemplo disso foram escolhidos três casos de estudo com o objetivo de demonstrar o desenvolvimento e a utilização das ferramentas digitais e como estas influenciam o arquiteto no processo de desenhar e pensar Arquitetura. Reflete-se no caso do Museu Guggenheim, um dos ícones da Arquitetura Contemporânea, do arquiteto Frank Gehry, sendo perceptível a grande utilização do software (CATIA), como uma ferramenta digital pioneira na Arquitetura.

No caso do pavilhão ICD/ITKE, o arquiteto Achim Menges demonstra que o processo de cooperação, entre as várias ciências e as ferramentas origina uma Arquitetura final inovadora, resultante dos mesmos.

Finalizando com o caso de estudo da Sagrada Família, um exemplo da utilização das ferramentas no processo de finalização da obra.

Palavras-chave: Arquitetura, Ferramentas Digitais, Desenho, Arte, CAD, CAM, BIM, Parametricismo, Arquitetura Generativa, Ferramentas de Optimização, Modernismo, Fabricação Digital.

ABSTRACT

This master thesis aims to address the influence of digital tools throughout the architectural process, showing the evolution from the use of pencil to use the robot, thus changing the way of thinking of the architect, not forgetting to mention the influence of art in architecture.

This change in thinking is not characteristic only of today, being visible along the thesis that the big names in architecture also went through a phase change of paradigm, the result of technological developments which led to the emergence of new styles and theories.

The current paradigm is reflected in the use of digital tools and how they will influence the architecture of today.

A variety of existing tools allows architect to explore their creativity in a more complex and accurately way.

As an example was set the three case studies in order to demonstrate the development and use of digital tools and how they influence the architect in the process of designing and thinking architecture. It is reflected in the case of the Guggenheim Museum, one of the icons of contemporary architecture, by the architect Frank Gehry, with noticeable great use of the software (CATIA), as a pioneering digital tool in architecture.

In the case of ICD / ITKE pavilion, architect Achim Menges demonstrates that the process of cooperation between the various sciences and tools lead to innovative end architecture, resulting thereof.

Finishing with the case of the Sagrada Família study, an example of the use of the tools in the work of finalizing the construction process.

Key words: Architecture, Digital Tools, Design, Art, CAD, CAM, BIM, Parametricism, generative architecture, optimization tools, Modernism, Digital Fabrication.

AOS MEUS PAIS
E AVÓ

Agradecimentos

Agradeço a todos os que ao longo da minha jornada acadêmica, de alguma forma contribuíram para a minha formação, em especial ao meu Orientador, Pedro Santiago por todo o acompanhamento prestado, paciência e incentivo.

Um agradecimento muito especial aos meus amigos pelo companheirismo, pela amizade, e disponibilidade em especial à Ana Félix e ao Joaquim Monteiro, revelando-se peças essenciais neste percurso.

Agradeço a minha irmã, Cátia Flores, pela paciência e motivação, revelando-se um exemplo a seguir, à minha Avó por todo o esforço e espírito lutador que sempre revelou ser a grande pessoa que é, o meu especial obrigado. À minha família e a todos os que direta ou indiretamente me apoiaram.

INDICE GERAL

| | |
|---|-----|
| RESUMO..... | IV |
| ABSTRACT | V |
| AGRADECIMENTOS | VII |
| INDICE DE FIGURAS | 10 |
| CAPITULO I – INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1– Enquadramento e Motivação..... | 14 |
| 1.2– Objectivos..... | 15 |
| 1.3 – Estrutura da Dissertação | 16 |
| CAPITULO II – CONTEXTO HISTÓRICO..... | 17 |
| 2.1 – Evolução das tecnologias digitais..... | 18 |
| 2.2 – Cronologia | 26 |
| CAPITULO III – CONTEXTO GERAL ACTUAL | 30 |
| 3.1 – Contexto geral actual..... | 31 |
| 3.1.1 – Importância do desenho em Arquitetura | 31 |
| 3.1.2 – Arte, Arquitetura e Design, no Modernismo | 37 |
| 3.1.3 - O Detalhe e Ornamentação em Arquitetura..... | 43 |
| 3.1.4 - Padrões em Arquitetura | 45 |
| 3.1.5 - Estética | 49 |
| 3.1.6 – Arte/Arquitetura generativa | 49 |
| 3.1.7 – Autopoiése | 53 |
| CAPITULO IV – FERRAMENTAS DIGITAIS..... | 60 |

| | |
|---|----|
| 4.1 – Descrição das ferramentas digitais | 61 |
| 4.2 – Algoritmos | 65 |
| 4.3 – Processos de fabricação digital | 66 |
| CAPITULO VI – CASOS DE ESTUDO..... | 68 |
| Caso de Estudo – Frank Ghery – Museu Guggenheim de Bilbao | 69 |
| Achim Menges – Pavilhão ICD/ITKE 2011 | 74 |
| Antoni Gaudi – Mark Burry – La Sagrada Familia | 78 |
| CONCLUSÃO..... | 83 |
| BIBLIOGRAFIA | 85 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Fig.1- Placa de argila – mapa de 5000 a. C. | 18 |
| Fig.2- Desenho de L. Da vinci – invenção | 18 |
| Fig.4- Ferramentas de desenho. | 19 |
| Fig.3- Ferramentas de desenho. | 19 |
| Fig.5- Calculadora de blaise pascal | 20 |
| Fig.6- Sketchpad | 22 |
| Fig.8- 1º Computador analítico | 26 |
| Fig.10- Consola ferranti Mark I | 27 |
| Fig.11- 1º Computador pessoal ibm | 28 |
| Fig.12- Trabalho de Vick Muniz..... | 34 |
| Fig.13- Trabalho de Alexandre Farto..... | 34 |
| Fig.14- Padrão tradicional | 45 |
| Fig.15- Benedetta Tagliabue, expo shanghai pavilhão de espanha – padrão tradicional | 46 |
| Fig.17- Eye film museum, amsterdão..... | 48 |
| Fig.16- Eye film museum, amsterdão..... | 48 |
| Fig. 18- Processo de desenho de ferramenta cad..... | 61 |

| | |
|--|----|
| Fig. 19- Diferença de tempo utilizado entre ferramenta bim e cad | 62 |
| Fig. 20- Analise de exposição solar, bentley microstation..... | 65 |
| Fig. 21- Renderização, bentley generative components | 65 |
| Fig.24- Frank Ghery , CATIA..... | 69 |
| Fig.23- Frank Ghery, peixe - barcelona..... | 69 |
| Fig.25- Frank Ghery, museu guggenheim de bilbao | 71 |
| Fig.27- Frank Ghery, museu guggenheim de bilbao | 72 |
| Fig.26- Frank Ghery, museu guggenheim de bilbao | 72 |
| Fig.29- Achim Menges | 74 |
| Fig.30- ICD/ITKE | 74 |
| Fig.31- ICD/ITKE | 74 |
| Fig.33- ICD/ITKE | 75 |
| Fig.32- ICD/ITKE | 75 |
| Fig.34- Explicação do sistema de tensão..... | 76 |
| Fig.35- Fabricação das placas de madeira contraplacada | 76 |
| Fig.37- Esquema estrutural | 76 |
| Fig.36- Fabricação das placas de madeira contraplacada | 76 |
| Fig.40- Pormenor das placas de madeira contraplacadas | 77 |

| | |
|--|----|
| Fig.41- Pormenor das uniões | 77 |
| Fig.38- ICD/ITKE | 77 |
| Fig.39 - ICD/ITKE | 77 |
| Fig.42- Antoni Gaudi | 78 |
| Fig.44- Corte longitudinal | 79 |
| Fig.43- Planta piso 0 | 79 |
| Fig.45- Sagrada Familia 1925 | 79 |
| Fig.46- M. Burry e maquete de estrutura..... | 80 |
| Fig.47- Estrutura em rhinoceros..... | 80 |
| Fig.48- Modelo de escadas em rhinoceros..... | 81 |
| Fig.49- Modelo estrutural em rhinoceros..... | 81 |
| Fig.50- Perspectiva estrutural da..... | 81 |
| Fig.53- Perspectiva da cúpula..... | 82 |
| Fig.54- Modelo de escadas em rhinoceros..... | 82 |
| Fig.51- Vista aérea s. Familia..... | 82 |
| Fig.52- Perspectiva do teto das naves | 82 |
| Fig.55- Nave..... | 82 |

CAPITULO I – Introdução

CAPITULO I - Introdução

1.1– Enquadramento e Motivação

A escolha deste tema surgiu depois da frequência de um *workshop* realizado na Universidade Fernando Pessoa, em 2013, onde foram abordados vários temas relacionados com o design paramétrico e generativo. De certa forma este foi o despoletar, o início de uma curiosidade e que no decorrer do percurso académico revelou-se uma ferramenta necessária para os trabalhos a que me propôs fazer constatando a complexidade das mesmas.

Com o desenrolar das pesquisas efectuadas este tema tem vindo a ser desenvolvido e questionado ao longo das últimas décadas.

O arquiteto foi alterando os seus hábitos de trabalho e com ele também a sua forma de pensar. Os desenhos à mão, feitos sobre papel e tinta, deram lugar ao desenho assistido por computador.

Este novo método de trabalho tornou-se numa prática por todo o mundo, impulsionados pela evolução tecnológica.

Atualmente os computadores são uma ferramenta indispensável no dia-a-dia do arquiteto. A facilidade com que é possível repetir e alterar procedimentos tornou o desenho assistido na ferramenta preferida do arquiteto, alterando assim a forma de pensar e o seu comportamento.

Nem sempre os interfaces dos *softwares* são de utilização amigável mas o seu uso é mais vantajoso de que o antigo modo de desenho em papel vegetal e a tinta permanente.

Mas é de certa forma, mais fácil do que voltar aos desenhos a mão, em papel vegetal e com tinta permanente.

As restrições criadas pelas adaptações metodológicas nos projetos de Arquitetura é a principal preocupação na relação entre a Arquitetura e as ferramentas digitais.

Estas restrições criadas pelo computador, reflectem-se no modo de pensar, por exemplo no projeto de Arquitetura tradicional, realizado á mão, a representação tridimensional é mais complexa, o que levou ao uso predominante da representação bidimensional.

As ferramentas digitais não devem ser entendidas como ferramentas de uso obrigatório no processo de desenhar Arquitetura, mas sim para complementar o leque de alternativas possíveis no projeto de Arquitetura.

O uso destas ferramentas veio aumentar a qualidade e a rapidez de criação do projeto. A facilidade com que é possível desenhar, alterar parâmetros e escalas e “guardar documentação”, através dos sistemas CAD e BIM é suficiente para justificar o uso do computador na prática de Arquitetura, as suas capacidades vão mais além.

Cada vez somos mais conscientes de que o mercado de trabalho é um “espaço” mais competitivo, onde a agilidade e a versatilidade são duas palavras de ordem. O uso de ferramentas digitais é praticamente obrigatório, e quem não as utiliza está claramente em desvantagem perante os restantes concorrentes.

Nesta dissertação será abordada toda esta temática e de que modo as ferramentas digitais podem contribuir para uma Arquitetura diferenciada, direccionada realmente para as necessidades da sociedade contemporânea.

1.2– Objectivos

O objetivo desta dissertação é reunir o máximo de conhecimento referente à temática das ferramentas digitais e da sua influência ao longo dos anos na Arquitetura. De forma a chegar ao objetivo deste trabalho, é importante perceber de que modo o desenho é uma das ferramentas mais utilizadas pelo arquiteto e quais os seus limites; perceber a influência da tecnologia e do uso do computador no processo de projetar Arquitetura ao longo do tempo, bem como explorar e entender o funcionamento das principais ferramentas utilizadas pelo arquiteto atualmente (CAD, BIM, Paramétricas, Generativas); outro objetivo deste trabalho é compreender de que forma é possível usar as ferramentas digitais, e retirar a informação proveniente um modelo digital para a sua fabricação. Através dos casos de estudo, é pretendido que estes se encontrem de acordo com a revisão da literatura.

1.3 – Estrutura da Dissertação

No que concerne à estrutura, esta dissertação envolve primeiramente, o enquadramento teórico do tema em estudo, a sua revisão da literatura, os objetivos sobre o qual o trabalho se debruçou e onde serão focados alguns conceitos importantes, bem como a motivação para a escolha deste tema.

Numa segunda parte, este trabalho aborda um contexto histórico, onde se percebe a evolução das tecnologias e das ferramentas digitais desde o início da Arquitetura até à atualidade, e de forma sumariada é apresentada uma cronologia com base no ponto anterior. No terceiro ponto deste trabalho, é evidenciado o contexto atual, de forma a compilar aspetos importantes na Arquitetura, como por exemplo o Desenho, o Detalhe e Ornamentação, *Design*, Arquitetura Generativa, os Padrões em Arquitetura, Estética e Autopoiése.

Esta dissertação inclui ainda um quarto capítulo onde será aprofundado a descrição das ferramentas digitais utilizadas na Arquitetura, bem como o seu processo de fabricação e o desenvolvimento do algoritmo. O quinto capítulo engloba uma componente prática, onde é abordado alguns estudos de caso, de forma a realçar a importância das ferramentas digitais e perceber a sua influência nos projetos.

Por último, a dissertação é finalizada com uma reflexão final acerca do estudo realizado onde se constata as conclusões retiradas deste trabalho.

CAPITULO II – Contexto histórico

CAPITULO II – Contexto histórico

2.1 – Evolução das tecnologias digitais

Desde bastante cedo o Arquiteto teve necessidade de documentar os seus actos, quer para o entendimento dos construtores, quer para si próprio. Como se de uma linguagem se tratasse, como meio de comunicar a sua ideia.

“O progresso desde o tempo de Pitágoras caracterizou-se pela necessidade de medições cada vez mais precisas, tanto dos fenómenos naturais como dos objectos e acontecimentos causados pelo homem, e pelo desenvolvimento de teorias para explicar essas medições.” (Dodd, T. 1995)

Inicialmente os desenhos eram executados para a construção de material militar e edifícios fortificados de carácter defensivo, estes desenhos e esquemas eram realizados em pergaminhos ou em placas de argila, bastante característicos da cultura Egípcia. Estes métodos eram utilizados para documentar a informação para posterior criação de objectos ou obras. Ao longo do tempo o papel revelou-se uma ferramenta essencial, vindo substituir os pergaminhos anteriormente utilizados. Os desenhos realizados inicialmente eram essencialmente esquemas sem medidas ou escalas, em vez de desenhos técnicos, que permitiam aos construtores entender a ideia necessária para a construção da peça. O essencial não era as dimensões, desde que o produto final correspondesse ao pretendido (Weisberg, 2008).

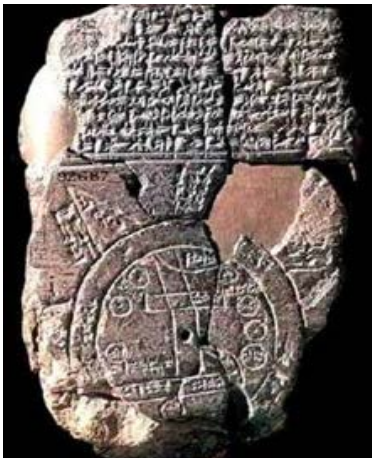


Fig.1- Placa de argila –
Mapa de 5000 a. C.
(<http://slideplayer.com.br/slid>)

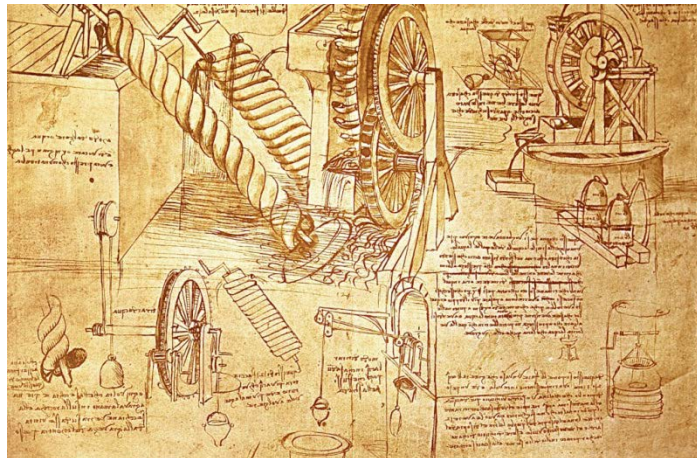


Fig.2- Desenho de L. Da Vinci – Invenção
(<http://www.ideiasedicas.com/leonardo-da-vinci-tudo-sobre-artista-inventor/leonardo-da-vinci-invencao/>)

O desenho de objectos e sua elaboração a partir dos mesmos, começa a evoluir mais rapidamente a partir do séc. XVIII, ganhando mais importância com a revolução industrial do séc. XIX. É de salientar que os desenhos, como nós os conhecemos hoje só ganharam a importância devida a partir da 1ª Guerra Mundial (Weisberg, 2008).

O aparecimento das patentes para o registo de peças, tornou o desenho técnico bastante mais importante, sendo necessário o desenho de plantas que permitissem identificar as peças em questão, mas nesta fase não havia capacidade económica para a cópia das mesmas e como tal estas tinham de ser realizadas à mão (Weisberg, 2008).

Estes desenhos como todos nós conhecemos eram realizados a “tinta-da-china” (tinta permanente), usando ferramentas como: penas, aparos, régua “T”, esquadros, compassos, etc. Tudo tinha de ser desenhado e copiado à mão, desde a mais simples linha, ao desenho final das letras.



Fig.3- Ferramentas de desenho.
(<http://www.whimsie.com/reeves.html>)

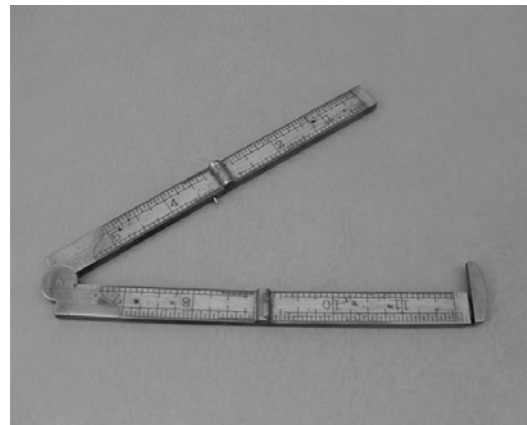


Fig.4- Ferramentas de desenho.
(<http://i22.photobucket.com/albums/b336/kitschykitschy-yaya/ruler.jpg>)

Com o passar do tempo foram criados outros tipos de ferramentas (compilação entre o estirador e as régua “T”, escantilhões e máquinas de calcular), que vêm ajudar o arquitecto na realização deste processo mecânico e sistemático, permitindo-lhe poupar algum tempo na execução das tarefas, aumentando assim a produtividade (Weisberg, 2008).

O aparecimento das máquinas de calcular levou a um maior cuidado na preparação dos desenhos e cada cálculo realizado pela máquina era verificado à mão várias vezes para não existirem erros sendo que o trabalho mecânico e trabalhoso era atribuído à máquina.

A evolução do computador fez com que os avanços tecnológicos ao nível da performance se traduzissem num aproveitamento de características para a execução do computador seguinte, tecnologicamente mais evoluído. Levando a que algumas funções que inicialmente eram executadas por ordem do utilizador, passassem a ser realizadas de forma automática pelo processador do computador - automatização de procedimentos - levando a uma maior eficácia e redução dos custos.

O desenvolvimento de placas gráficas, internet, *software* de gestão e os sistemas de impressão contribuíram para o desenvolvimento dos sistemas operativos (Weisberg, 2008).

Em 1642, Blaise Pascal construiu uma máquina calculadora mecânica capaz de somar e subtrair, cujo funcionamento era a partir de engrenagens e de rodas dentadas, sendo capaz de somar e subtrair até oito algarismos. Este tipo de máquina foi utilizada até ao final dos anos 60 (Dodd,1995).



Fig.5- Calculadora de Blaise pascal
(http://pt.wikipedia.org/wiki/La_pascaline)

Em 1820 surgiu uma “máquina analítica”, criada por Charles Babbage, que conseguia efectuar cálculos através da introdução de cartões perfurados. Este sistema nunca foi produzido, mas serviu de base para os computadores actuais (Dodd, 1995).

O primeiro computador surgiu na década de 40, e pesava 30 toneladas, para o seu funcionamento eram necessárias 18000 válvulas, que não funcionavam mais do que 10 minutos sem que uma destas avariasse e tinha um sistema de refrigeração arrefecido a água para evitar o sobreaquecimento (Dodd, 1995).

Desde 1940 o computador era usado apenas para fins militares, (principalmente no cálculo de trajetórias balísticas). Nesta altura, “os computadores” era o termo chamado às pessoas que realizavam os antigos cálculos manuais. Dez anos depois a IBM distribuiu computadores por empresas de engenharia, que rapidamente começaram a desenvolver programas capazes de resolver esses problemas (Weisberg, 2008).

O processo típico para a resolução de um problema técnico consistia em o engenheiro introduzir um código capaz de ser aplicado. Esta listagem era dada a um operador, que introduzia a informação no computador, e de seguida o engenheiro revia a listagem numérica em busca de erros e ordenava as alterações necessárias. Era emitida uma carta de operações que seria introduzida no computador para que executasse as operações, uma a uma, emitindo uma listagem numérica final que era avaliada por um engenheiro. Esta análise final poderia demorar entre um dia a uma semana dependendo do tipo de tarefa.

Mais tarde em meados dos anos 50 começaram a surgir computadores de baixo custo que podiam ser interpretados pelos departamentos de engenharia, e eram compostos por tubos de vácuo que eram mais lentos do que uma calculadora normal e os resultados eram fornecidos em listagens numéricas que eram escritas por uma máquina de escrever, mas só em meados de 60 é que começaram a surgir as primeiras impressoras (Weisberg, 2008).

Em meados dos anos 60 não existia praticamente nenhum sistema gráfico à venda no mercado. Foi reconhecido por várias empresas, devido à necessidade de um aumento de produtividade, que era necessário a criação de um sistema computacional gráfico capaz de ajudar os arquitetos, engenheiros e desenhadores, especialmente na área da indústria automóvel, na área da defesa, e na indústria aeronáutica (Weisberg, 2008).

Englebart foi o primeiro a abordar o tema, no seu livro *“Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework”* (1962), de como os computadores conseguem ajudar a resolver problemas no trabalho de equipa e na tomada de decisões de uma forma mais eficiente, referindo que o “*design*” consegue beneficiar do uso da tecnologia (Jabi, 2004).

Neste contexto o “*design*” é definido pelo acto de idealizar, desenvolver e conceptualizar artefactos, através de processos criativos, produzidos com objetivo ou intenção.

A computação é a aplicação de conhecimentos e técnicas referentes à introdução de dados no computador (“*in-puts*”), que são transformados em algoritmos, que é um conjunto de ordens dadas pelo utilizador, que dá origem a um determinado resultado (“*out-puts*”).

O Desenho Assistido por Computador (*CAD – Computer Aided Design*) é um sistema computacional (*software*), que permite o desenho de geometrias planas (linhas, curvas, polígonos) ou tridimensionais.

Steven Coons, escreve pela primeira vez, na conferência “*Spring Joint Computer Conference*”, em Detroit (1963), sobre a necessidade do desenho assistido por computador e de como este sistema permite a sincronização entre vários utilizadores (Jabi, 2004).



Fig.6- Sketchpad (<http://architizer.com/blog/a-history-of-technology-in-the-architecture-office/>)

Em 1963, Ivan Sutherland inventa o “*Sketchpad*”, o primeiro editor gráfico interactivo. Este equipamento consiste numa caneta capaz de criar formas directamente num ecrã que acaba por ser a base para o desenvolvimento dos “*tablets*” que existem hoje em dia. Mais relevante do que a sua função, é o sistema de sincronização utilizado nos dias de hoje que se baseia na ideia de Sutherland, o desenhar directamente no computador,

aumentando o nível de colaboração. O sistema de colaboração através de sincronização, referente ao desenho e ao trabalho gráfico, normalmente, está assente na criação directa de desenhos à escala, permitindo a demonstração do resultado final e tornando a interacção mais natural (Jabi, 2004).

O trabalho destes três investigadores foram a base de pesquisa para os próximos 40 anos. Todos eles viram os problemas existentes no trabalho de desenho colaborativo, que poderia ser resolvido com um sistema único. Englebart, erradamente, acredita que misturar diferentes soluções é uma tarefa fácil e que a resolução de conflitos vai ser resolvida naturalmente (Jabi, 2004).

Coons, também acredita que os únicos problemas que o “desenhador” tem são: a sincronização e a preocupação social. A natureza do *design* cooperativo e as tecnologias necessárias capazes de corresponder, ainda não são possíveis. O trabalho visionário de Englebart e Coons serviu de base para o desenvolvimento de outros aspetos futuros sobre este tema (Jabi, 2004).

A indústria dos sistemas CAD começa a evoluir a partir de 1969 com a criação de algumas entidades pioneiras nesta área. À medida que evolui o computador, este torna-se mais rápido e eficiente. A maior parte já inclui mesas de digitalização (desenho), teclados para a introdução dos comandos e impressora. O sistema típico inclui uma grande quantidade de hardware pessoal, muitas vezes eram os fabricantes que desenvolviam o software, que os ajudava a vender o seu hardware (Weisberg, 2008).

Esta ferramenta teve origem dentro do ramo militar, na indústria automóvel e na aeronáutica, fruto de um trabalho de cooperação entre várias Universidades de todo o Mundo, para a criação de um sistema de uso interno. Pierre Bézier utilizou um método matemático para definir novas superfícies, para a marca automóvel Renault, este método, é chamado agora de “Curvas de Bézier”, que são a base dos sistemas gráficos usados ainda hoje. Este sistema foi a base para o desenvolvimento do *software* CATIA.

A utilização de um sistema gráfico implementado no *software* utilizado era uma vantagem perante os outros sistemas presentes no mercado. Mais tarde esta opção passou a fazer parte de um pacote base, levando à maior parte dos utilizadores a usar essa versão.

Nos anos 70 os sistemas CAD evoluíram devido ao sucesso alcançado, e também devido à evolução tecnológica.

Os sistemas existentes eram majoritariamente a duas dimensões, um sistema CAD típico era vendido por 150.000 dólares em 1972, mais tarde o valor era extremamente elevado (três vezes mais) (Weisberg, 2008). A sua utilização tinha de ser realizada por trabalhadores qualificados e altamente especializados na tarefa. Os desenhos eram entregues aos operadores de CAD e que poderiam levar várias horas ou dias para concluir os desenhos, que teriam ainda de ser novamente revistos pelos desenhadores. Este processo apesar de demorado corresponde ao trabalho executado por 10 a 12 pessoas.

O sistema veio diminuir os custos operacionais, diminuindo assim o número de funcionários necessários para a realização de uma tarefa, aumentando consideravelmente a produtividade. O desempenho do sistema sempre foi uma preocupação dos fabricantes, que desde sempre se dedicaram a criar uma plataforma capaz de acelerar o processo de criação.

Entre os anos 70 e 80, o processo de pesquisa sobre do desenho assistido por computador concentrou-se na automatização do processo de desenho, bem como a geometria, a modelação conceptual e a visualização de edifícios. Este processo de pesquisa foi desenvolvido por Jones 1970, Mitchel 1977, Turner 1988 e por Stiny em 1989.

Nos anos 80, as empresas desenvolveram o computador pessoal e as plataformas de engenharia para os profissionais, deixando de existir o departamento de CAD nas empresas. A tecnologia do desenho assistido por computador ainda não tinha surgido, como tal foi necessário o desenvolvimento prévio de algumas tecnologias, tais como a ligação de computadores em rede e a implementação da internet (Weisberg, 2008).

Em 1982 surge a primeira versão CAD da Autodesk, o AutoCAD, sendo um dos softwares mais influentes no campo da representação digital.

A convergência do desenho assistido por computador e o estudo do trabalho em rede começa a ganhar “forma” nos finais dos anos 80 e início dos anos 90. Bryan Lawsons, na segunda versão do seu livro “*How Designers Think*” (1990), nos dois últimos capítulos, respectivamente- “*designing with others*” e “*designing with computers*”, pode-se assumir que mesmo não

definindo totalmente o facto de que o desenhar com computadores permite projetar com outros utilizadores, ele estava a formar essa conexão (Jabi, 2004).

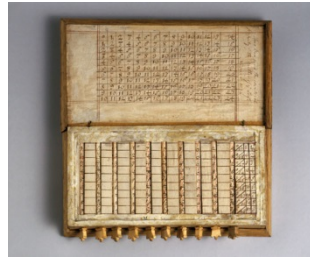
Em 1993 a área do desenho assistido por computador começa a expandir-se fazendo-se notar na existência de sessões sobre este tema em conferências (CAAD Futures 93, secção especial - “*Cooperative Design*”); na Europa “*Designing Decision Support Systems and Cybernetics*” baseando-se no design colaborativo; e na Ásia CAAD Futures 95, com um aumento bastante significativo de sessões respectivas ao tema. Com o passar dos anos o número de documentos publicados foi aumentando de tal forma que se tornou difícil de seguir e documentar (Jabi, 2004).

“Em 2001 Martijn Stellingwerff e Hohan Verbeke editaram e publicaram os resultados de “ACCOLADE” um workshop realizado em Delft, na Holanda. O workshop começou com a premissa que os escritórios precisavam de métodos de desenho de Arquitetura com colaboração virtual multi-localizada e multi-disciplinar. Os participantes afirmaram que o processo de Arquitetura é não linear, multi-disciplinar e extremamente criativo, necessitando de sistemas sofisticados que permitam a representação, manipulação e a comunicação dos dados tridimensionais.” (Jabi, 2004).

2.2 – Cronologia

1614/15- Invenção do logaritmo John Napier; Dispositivos de cálculo com utilização de logaritmos.

Fig.7- Tabela logarítmica
(<http://timerime.com/es/periodos/1456787/Tablas+Logortmicas/>)



1642- Calculadoras mecânicas, com mecanismo de engrenagens, capaz de fazer somas até oito algarismos, Blaise Pascal

1892- Primeira central telefónica automática

1900- Primeiras gravações de dados magnéticos, Valdemar Poulsen

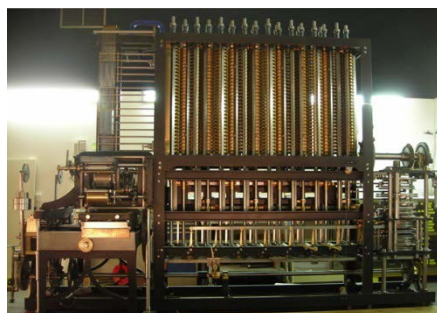
1822- Protótipo de computador mecânico (dispositivo para calcular logaritmos e funções trigonométricas (resultante do tear de Jacquard, 1801))

1890- Leitor de cartões perfurados, para análise automática do recenseamento dos Estados Unidos, Herman Hollerith

1945- Construído o primeiro ENIAC (“Electronic Numerator Integrator Analyzer and Computer) primeiro computador digital genérico totalmente electrónico

1820- “Máquina analítica” de Charles Babbage

Fig.8- 1º computador analítico
(<http://www.techtudo.com.br/platb/desenvolvimento/category/historia/>)



1948- Invenção do transistor; Mark I, primeiro computador com programa residente

Fig.9- tabela logarítmica (<http://slideplayer.com.br/slide/44380/>)



1962- São descobertos os fractais pelo matemático Benoit Mandelbrot, usando um computador para repetir o mesmo padrão sem cessar; Vendido primeiro robô industrial; transmitidas as primeiras imagens de Tv pela Telestar (via satélite);

-Ivan Sutherland inventa o Sketchpad

1968- Primeiro sistema telefônico com modelação por impulsos, codifica sinais sonoros analógicos em forma digital, para transmissão

1954/55- Texas Instruments começa a produção de transistores de silício; primeiro computador a transistores, TRADIC, Bell

1966- Ideia de utilização de fibras ópticas nas telecomunicações

1957- Primeira linguagem de alto nível para computadores (FORTRAN)

1951- Ferranti Mark I, primeiro computador comercialmente produzido

Fig.10- Consola Ferranti Mark I (<http://www.techtudo.com.br/platb/desenvolvimento/category/historia/>)

1961- Patentado o Chip de silício



60's- várias empresas automóveis e aeronáuticas começam a desenvolver o seu *software* CAD/CAM para uso interno

1980/81- Canon lança a impressora a laser para computador; IBM lança computador pessoal; é desenvolvido pela Sony e Philips o Disco Compacto (CD) para reprodução de som.



Fig.11- 1º computador pessoal IBM (http

-1980 – Boing - Tiger 3D CAD;

-1981 - Unigraphics – Unisolds

-1982 – AutoCad v.1.0

1971/72- Intel lança as calculadoras de bolso; primeiro sistema operativo de disco para microcomputadores, Gary Kildall

1975/76- Lançado o Altair 8800, primeiro microcomputador ou computador pessoal; NASA lança primeiro satélite geodinâmico para estudar a Terra (com maior precisão)

1977- Instalado o primeiro cabo de fibra óptica;

-Dassault desenvolve o software CATIA, sistema 3D CAD

-1985 – CATIA v.2

-1987 – Ricoh – Design Base

-1988 – CATIA v.3

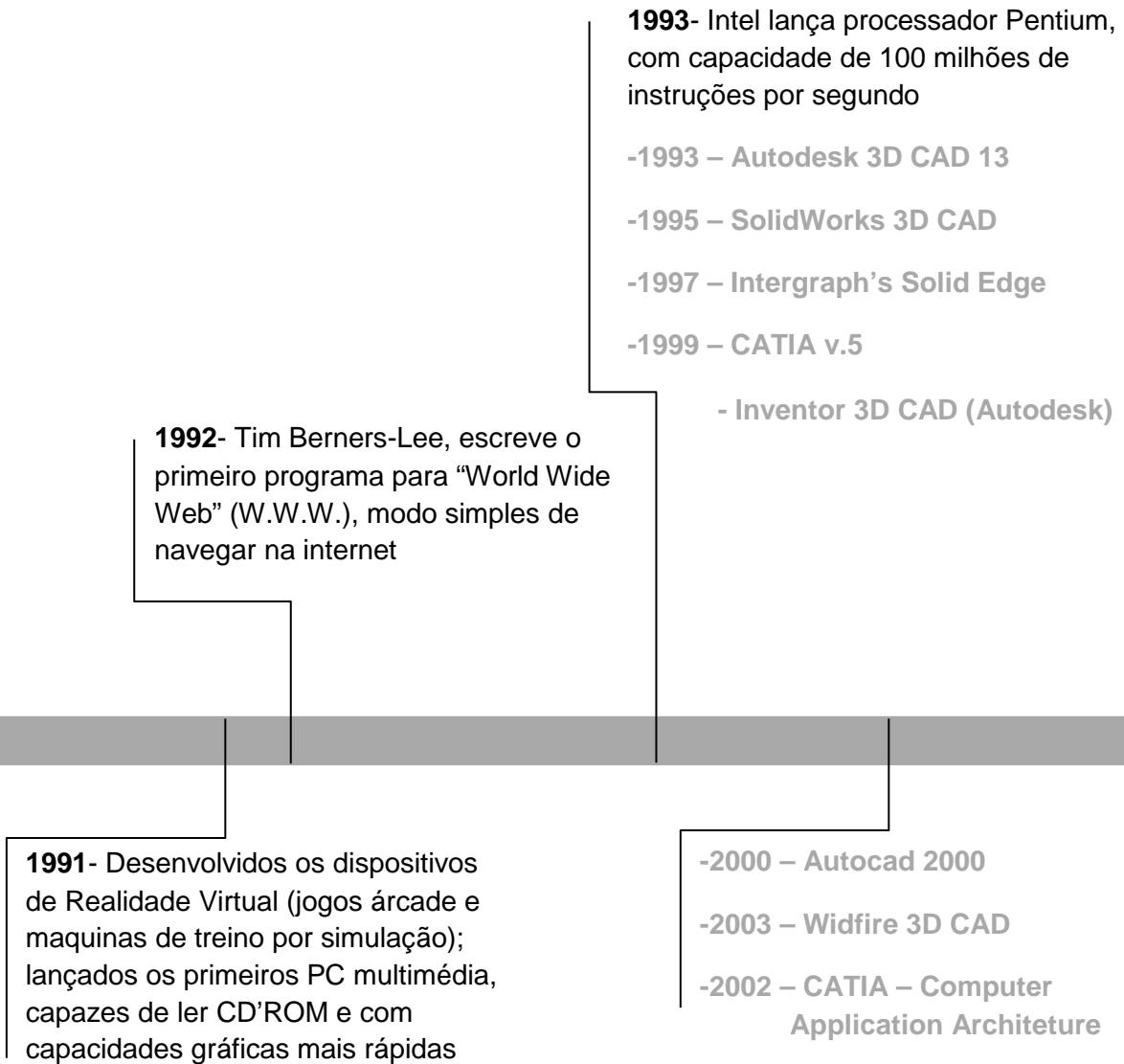
-1989 – ACIS solid modeling

1990- Windows 3, Microsoft, ambiente gráfico baseado em janelas; emissões televisivas de alta definição (Japão);

-1983 – CADRA – 2D Cad soft.

1984/86- Apple lança computador Macintosh com interface gráfico e controlado por rato; Canon lança primeira fotocopiadora a cores e a laser

-1984 – Bentley - Microstation



CAPITULO III – Contexto geral actual

CAPITULO III – Contexto geral actual

“Onde é que o acto de desenhar acontece?”

Será na página, ou no subconsciente?” (Cantley, 2013).

3.1 – Contexto geral actual

3.1.1 – Importância do desenho em Arquitetura

*“...and drawings, rather than bricks and mortar, became, and remain to this day, the main tool of the architect’s trade.”
(Carpo, 2013).*

Nos dias de hoje a Arquitetura está inevitavelmente ligada ao desenho e este é fruto da habilidade individual do arquiteto.

Uma questão pertinente a ter em conta na abordagem deste tema seria, a Arquitetura terá necessariamente de ser uma arte de desenhar? (Carpo, 2013).

Até á época do Renascimento, a Arquitetura nem sempre foi uma arte de desenhar, ela era um trabalho manual onde os edifícios eram realizados por artesãos, que trabalhavam a pedra, a madeira, empilhando tijolos, etc. Mais tarde os “Humanistas”, pensaram que o arquiteto deveria desenhar os edifícios (responsabilidade intelectual e criativa) e não a construção do edifício em si (Carpo, 2013).

Leon Baptista Alberti, no séc. XV em 1452, foi o primeiro a dizer que a Arquitetura é um acto de pensar, concebido na mente do autor, posteriormente anotada em desenhos, que os trabalhadores devem seguir para a realização do edifício, sem quaisquer alterações. Segundo Alberti o desenho de Arquitetura é a criação original, o edifício fisicamente, é apenas uma cópia isenta de qualquer valor intelectual, ou seja, para ele, qualquer objecto deveria ser desenhado antes de ser executado, e o seu criador deveria ser o autor intelectual e não quem o constrói (Ramos, 2011).

Foi desta forma que ao longo do séc. XVI a Arquitetura se tornou uma das três artes modernas (pintura, escultura e Arquitetura) (Carpo, 2013).

Mais tarde o desenho foi dividido em duas categorias: desenho representacional ou em perspectiva, que funcionava como uma ilusão de óptica, com medidas distorcidas diferentes das reais, para conseguir representar o que é visualizado, e o desenho de anotação, que servia como instrução técnica para os construtores, contendo a ideia exacta de como a peça deveria ser construída, sem qualquer erro ou incerteza, até ao mais pequeno pormenor para que o construtor seguisse a ideia original do autor. Mais recentemente esses termos alteraram-se, as perspectivas foram substituídas pelas imagens 3D e os de anotação de carácter mais técnico, em formato de plantas, usadas para fins legais, estimativas de orçamento e para a construção do edifício. Com o tempo, surgiu outro tipo de desenho, em axonometria, que combinado com outros formatos consegue obter melhores resultados e também mais inspiradores.

Alguns projetos mais visionários, representando edifícios que nunca foram construídos, nem serão, desempenharam um papel crucial no desenrolar da Arquitetura Moderna, sendo que muitos desenhos foram bastante mais influentes que o próprio edifício.

A história da Arquitetura Moderna e contemporânea foi marcada e moldada por muitos projectos visionários que aparentemente não tinham qualquer uso ou propósito prático quando foram feitos, desde os arranha-céus de Le Corbusier (1920) às fantasias tecnológicas dos Archigram (1960) (Carpo, 2013).

Recentemente e a par destes projetos visionários, modernistas e pós-modernistas desenvolveram algo mais crítico, onde os desenhos passam a ser ferramentas de investigação em alguns aspectos sobre o estilo arquitectónico de que derivam e ao qual pertencem. Um dos objectivos destes desenhos é provar e testar as limitações e constrangimentos da própria Arquitetura. Este uso crítico do desenho é hoje em dia o componente essencial do discurso da Arquitetura Contemporânea e da educação arquitectónica.

Os desenhos planos (2D) ainda são a melhor maneira de guardar e transmitir algumas ideias visuais e o poder visionário de alguns desenhos

arquitetónicos, revelando a capacidade que sugerem ao presente como reconstruir o passado ou antecipar o futuro, não parecem em risco pelo menos, não mais do que alguma vez estiveram desde que o arquiteto começou a usar o desenho. A questão deste tema não reside no desenho em si, mas sim na tecnologia específica utilizada.

O desenho à mão, conforme o conhecemos, desenhado com lápis, caneta e papel, ferramentas como qualquer outra, refletem os gestos do seu utilizador, transmitindo assim a componente “humana” num mundo maioritariamente dominado pelo uso da máquina.

Há praticamente 20 anos que nos encontramos dentro da era digital, a cultura, a tecnologia de representação arquitectónica, o desenho digital e a fabricação digital são uma realidade bastante presente nos nossos dias.

Atualmente, a diferença entre uma imagem 3D e uma fotografia digital é quase indistinguível, comparativamente, a documentação e criação visual estão praticamente ao mesmo nível. As ferramentas digitais permitem eliminar todas as ambiguidades do processo trabalhoso e repetitivo de Arquitetura. Um ficheiro de desenho digital é idealmente preparado para um receptor mecânico, que não interpreta nem interpela, mas que apenas pode fabricar o que foi destinado (Carpo, 2013).

O conteúdo do ficheiro desenho plano (2D) e agora tridimensional (3D) e o material com que vai ser produzido, já é uma realidade, é possível estabelecer uma relação de *“file-to-fabrique”*, ou seja, é possível a fabricação de um determinado objecto apenas através de informação digital, albergando todas as características que lhe são reconhecidas, precisão, transparência e objectividade técnica.

Hoje as ferramentas digitais usam a matemática para criar, gerir e controlar a complexidade, e não para a eliminar. A computação tornou-se tão poderosa que não é necessário simplificar a realidade para a conseguirmos modelar, conseguindo assim, lidar com a irregularidade de regras presentes na realidade do mundo em que vivemos (Carpo, 2013). Há 10 anos atrás o desenho digital era a elegância das linhas e das superfícies curvas precisas, contínuas, o cálculo exato e a precisão da máquina. Atualmente as ferramentas digitais já permitem descrever cada tremor da mão do utilizador, são capazes

de converter esses traços frágeis e incertos, repletos de acaso, fruto da natureza, para uma lógica de objectos geométricos.

Alguns artistas estão a utilizar novas técnicas de representação, através da utilização de novos materiais que estão a mudar a forma como o desenho manual tradicional é visto, como por exemplo Vic Muniz, Roman Signer e o português Alexandre Farto (Vhils).



Fig.12- Trabalho de Vick Muniz. (http://design-milk.com/vik-muniz-photography-photography/vik_muniz_sikkema_jenkins_2/)



Fig.13- Trabalho de Alexandre Farto. (<http://www.alexandrefarto.com/index.php?page=work-detail&work=1>)

“However, the handmade drawing or image (regardless of materials) is now no longer always necessarily the most appropriate method either for drawing or imaging or for architectural design.” (Garcia, 2013).

Ao contrário de alguns teóricos de Arquitetura, é assumido, não uma lei, que o desenho à mão é a maneira mais inteligente, interessante e eficaz de traduzir e comunicar a imagem e os conteúdos da nossa imaginação para os outros. Com o aparecimento de novas tecnologias de desenho, de criação de

imagem, de materiais mais evoluídos, eficientes e precisos, a nossa mente pode assumir que o desenho bidimensional é uma prisão, bloqueando assim a criatividade de cada um, em vez de se tornar o berço das criações futuras da Arquitetura (Garcia, 2013).

Em Arquitetura, o processo de projetar deriva do reconhecimento cognitivo de situações identificadas no dia-a-dia e também a formação e conjunto de experiências que o arquitecto teve ao longo da sua prática profissional. O desenho é o processo que permite testar as possibilidades existentes no seu consciente, que poderão ser a solução, tornando assim o desenho numa ferramenta de exploração e de aprendizagem (Garcia, 2013).

A partir da industrialização a tecnologia começou a revelar-se como um motor de liberdade social. Como Le Corbusier, Gropius ou Mies, a forma de pensar Arquitetura estava relacionada com a lógica metodológica, material, produtiva e construtiva das novas tecnologias. Ao longo do tempo e depois de varias tentativas a tecnologia deixa de ser apenas uma forma de criação física da realidade para passar a ser uma forma de comunicação interativa com Mundo (Garcia, 2013).

“...a tecnologia é muito mais que um método, é um mundo em si.”
(Rohe, 1950 cit in Batista, 2009, p.6).

Com esta frase Mies, refere-se à forma como a tecnologia tem ganho importância ao longo dos anos, sendo entendida não apenas como uma forma de solucionar problemas mas como uma solução independente capaz de determinar tudo o que nos rodeia, não só o meio físico mas também mentalidades, a forma como cada realidade é percebida. A separação entre o homem e a máquina é colocada em causa, alterando assim também a noção de realidade (relação entre o homem e os seus acessórios tecnológicos, já não conseguindo viver sem tecnologia). O “boom” tecnológico (revolução tecnológica) veio alterar de forma irreversível a nossa forma de ser, a forma como compreendemos o espaço, como o entendemos e o relacionamos.

O método de desenhar Arquitetura Moderna, teve origem na criação de um novo panorama social, influenciado pelas possibilidades transformadoras das tecnologias industriais (Garcia, 2013).

3.1.2 – Arte, Arquitetura e Design, no Modernismo

A fronteira entre a Arte, a Arquitetura e o *Design*, são sempre discussões intrigantes e inquietantes.

O que é um edifício belo?

A definição de beleza tornou-se num conceito que leva a desencadear discussões sem sentido, não levando a nenhuma conclusão. A resposta à pergunta anterior, segundo o Modernismo é de resposta difícil ou talvez impossível (Botton, 2009).

Dois grandes nomes da Arquitetura Moderna, deram talvez o mais importante contributo para a evolução da Arquitetura como forma de arte.

Walter Gropius e William Morris, ressaltam pelo seu interesse comum na Arquitetura e no *Design* de acordo com um contexto social. Sendo ainda hoje uma referência no campo da Arquitetura e do *Design* valorizando estas disciplinas no âmbito da arte (Barata, 2008).

William Morris é reconhecido como *designer*, empreendedor, escritor e artífice, e os seus trabalhos refletiam as suas convicções políticas. Walter Gropius é acima de tudo arquiteto, com várias obras dispersas por todo o Mundo, com intenções inovadoras pelas perspectivas artísticas que foi implementando e desenvolvendo na Bauhaus. O trabalho desenvolvido por Gropius era motivado por razões sociais, como arquiteto acreditava ser essa a sua função (Barata, 2008).

Morris é referido em algumas obras, como sendo o grande impulsionador do séc. XIX a apelar à reforma social através da arte, nascendo assim uma nova era da Arquitetura e do *Design*. Morris é considerado um dos principais impulsionadores do Modernismo, mas é Gropius que é considerado um dos seus mestres. No séc. XIX, período marcado fortemente pela industrialização nas cidades, onde era necessário o tratamento da paisagem humanizada, correspondente à inovação que se fazia sentir na época. Para Morris, a Arquitetura, não era só a paisagem resultante da intervenção do arquiteto, mas também os objetos (mobiliário, ferramentas, máquinas). O arquiteto é o principal impulsionador da construção, definindo a base das tarefas pretendidas e é aquele que “lidera essa actividade” (Barata, 2008).

No séc. XIX, a Arquitetura, adquire em relação às outras artes, pintura e escultura, o mesmo prestígio. Segundo Vitruvius (1986), a Arquitetura é *“uma ciência que deve ser apoiada por uma grande diversidade de estudos e de conhecimentos através dos quais ela julga todas as obras das outras artes que lhe pertencem”*. Sendo uma junção de todas as artes e de diversos conhecimentos, relacionados com a vertente artística promovida no séc. XIX, e reafirmada no séc. XX.

A palavra *design*, é usada referente à formalização de um edifício ou um objeto comum, envolvendo a capacidade crítica e de análise de modo a obter uma consciência da forma do edifício ou objeto pretendido (Barata, 2008)

A Arquitetura é uma disciplina da arte, uma arte prática, que consiste na construção de espaços destinados ao uso do Homem. Esta disciplina não é apenas a criação de um objecto, que dá a conhecer a obra do seu criador, ela é uma arte com dimensão social, direccionada para o uso das pessoas (Barata, 2008).

“Fazer de uma coisa útil, pratica e funcional algo belo é o dever da Arquitetura.” (Shinkel cit in Botton, 2009)

Na linha de pensamento de Morris e Gropius a arte e sociedade estavam ligados entre si, a arte é uma fonte de informação referente ao local de onde tem origem, quer no passado quer no presente, por outro lado, a arte tem a capacidade de moldar o ambiente social onde interage (Barata, 2008)

Morris, tal como Gropius defendeu mais tarde que acreditava que a arte não era só o seu criador, ou qualquer elemento envolvido na sua criação, mas sim que todos usufríssem do produto final. A arte não seria produtora de luxo, mas de um bem essencial na vida de qualquer pessoa (Barata, 2008).

Mais tarde Morris, alarga a ideia de arte, de uma forma mais funcionalista, aplicada a todas as vertentes da vida, reflectindo o valor da Arquitetura no âmbito social (Barata, 2008).

Não só Gropius mas também Mies van der Rhoe e Le Corbusier, se dedicaram a criação de novas obras, direccionadas para o homem comum, que usufrui dos espaços e de todos os elementos criados.

Depois da primeira guerra mundial, o “novo” era associado a qualquer forma de arte, que vinha renovar o espírito humano. A construção dos espaços são agora marcados pela simplicidade e limpeza das formas, onde o vidro veio substituir o tijolo.

O arquiteto, era provido de duas características essenciais, intuição e sensibilidade, fruto da sua vivência, sendo as suas obras de caráter cultural, fruto da sua época. Algo que Morris tentou promover nas suas oficinas.

A Bauhaus, não tinha apenas como objetivo a renovação do mundo da Arquitetura e da arte, mas também a formação de seres humanos com capacidades de atuar no meio social, de forma consciente e positiva, capazes de incentivar a mudança social através da sua arte. Os alunos eram encorajados a descobrir as potencialidades dos materiais, da forma dos objetos, bem como o trabalho de equipa.

O artista artesão e arquiteto era considerado a mesma pessoa, alguém com responsabilidade criativa dos artigos produzidos, objetos ou edifícios.

Morris, diz que o “*designer*” (criador), como artista deve ter consciência plena das potencialidades e limitações dos materiais utilizados na produção e execução da sua obra.

Gropius acredita na ligação entre a arte e a técnica industrial, onde todos os artistas deviam unir as suas capacidades e produzir para a indústria, assim a Bauhaus usufruía da qualidade e profissionalismo de todos os artistas.

Cada vez mais se fazia sentir a presença da indústria, que levou a Bauhaus a seguir esse caminho. Ao afastar-se do tradicional trabalho artesanal, Gropius mantém a filosofia de Morris, solucionando o dilema entre arte e técnica (Barata, 2008).

Desta forma, a Arquitetura moderna emergiu da articulação da pesquisa científica, tecnológica, e o controlo do desenvolvimento urbano, distinguindo-se pela abordagem ao ambiente construído, recusando a diferenciação entre o todo artístico e técnico presente na Arquitetura tradicional (Barata, 2008).

A busca da simplicidade fez com que o ornamento deixasse de fazer sentido no Movimento Moderno, onde a simplicidade do edifício correspondia à sua beleza e função (Barata, 2008).

Segundo Barata (2008), a Arquitetura e o *Design* como artes sociais, podem ser experienciadas de forma individual ou coletiva, onde cada pessoa reage de forma diferente em contacto com a obra ou objeto, e como um conjunto interagem de forma diferente com o ambiente construído.

Segundo Vitruvius (1986), o arquiteto não é só um técnico de edificação mas também um artista consciente do significado daquilo que constrói. Noções com as quais Gropius e Morris se identificam e consideraram também que a Arte, principalmente a Arquitetura e o *Design*, não podiam ser apreciadas sem o seu público alvo. Nesta perspectiva, o artista autor da obra e os utilizadores são criadores, visto influenciarem a concepção artística.

Atualmente o aparecimento da sociedade digital, apresenta novos desafios à Arquitetura e ao *Design* a todos os níveis (Barata, 2008).

A Arquitetura possui a capacidade de permanecer no tempo, onde representa um determinado espaço temporal, uma janela para a cultura do passado, tornando possível construir um futuro com mais solidez e interesse pelo passado.

“Os ideais da base do movimento artístico, apelam a complementaridade e interdependência das diferentes artes, condição fundamental para a concretização da verdadeira obra de arte.” (Barata, 2008).

Gropius não queria remeter para os trabalhos medievais característicos do séc. XIV, apenas utilizar os seus valores dando mais importância ao trabalho criativo, artesanal, com influência moderna, onde o papel da indústria não podia ser ignorado (Barata, 2008).

Estes conceitos de Morris e Gropius, atualmente, onde as capacidades técnicas estão cada vez mais presentes, é necessário conciliarem a relação entre a arte e as tecnologias, sem transformar o trabalho num acto mecânico.

Com a emergência das novas tecnologias, são colocados novos desafios constantes à Arquitetura, quer a nível conceptual quer a nível prático, influenciando o ambiente que nos rodeia (Barata, 2008).

A relação entre a Arquitetura e a Arte é sempre conturbada e subjectiva. Adoolf Loos no seu texto “*Ornamento e Crime*” reflete sobre a ornamentação

na Arquitetura. Tal como os conceitos de Gropius e Morris, as reflexões de Loos, influenciaram a forma de pensar do arquiteto, desde o Modernismo, na teoria e na prática arquitetónica.

“Descobri a seguinte verdade e apresentei-a ao Mundo: “a evolução cultural equivale à eliminação do ornamento nos objetos de uso corrente.”” (Loos 1908, cit in Sharnitz 2009).

Ao ler outro texto de Loos, “O Pobre Homem Rico” identificamos a intenção de afastamento entre a Arte, a Arquitetura e o Ornamento. A “casa do Homem Rico” desprovida de Arte, usou elementos como artefactos (no seu contexto individual), como um adereço ou decoração, não fazendo parte da essência da Arquitetura. Este resultado e o excesso de “arte” resultaram na infelicidade e desconforto do seu utilizador (Loos 1900, cit in Sharnitz 2009).

A Arquitetura recorrendo a ornamentos e ao uso excessivo de pintura e escultura, leva à rejeição dos mesmos, passando a estar camuflada de arte.

Esta preocupação vinda de vários arquitetos, não tinha como objetivo uma Arquitetura puramente funcional, sem alma, mas uma Arquitetura verdadeira, onde o que realmente importa é a “nua” Arquitetura, na sua verdadeira essência.

A relação entre a Arquitetura e as Artes é evidente, a própria Bahaus, segundo os ideais de Gropius, promovia essa relação multidisciplinar.

Em “O Pobre Homem Rico” (2009), é notória a diferença entre o superficial e o essencial, conseguindo-se diferenciar a diferença entre a Arte e Ornamento. A pintura e a escultura eram usadas como decoração de espaços, que funcionavam como “montra”, refletindo o contexto sócio-económico que se fazia sentir na época do Modernismo (Loos 1908, cit in Sharnitz 2009).

“...de vez em quando necessitamos de uma pausa de tanta arte. Seria possível viver numa galeria de arte?...” (Loos, 1900, cit in Sharnitz 2009).

“...Mas a Arte exige sacrifícios!...” (Loos, 1900, cit in Sharnitz 2009).

Segundo Loos, a Arte consegue arrancar o aconchego e perturbar o bem-estar. (Loos 1908, cit in Sharnitz 2009).

Segundo Santiago (s/d) *“a arte encarada como ferramenta permite-nos sentir humanos, no nosso quotidiano, mas também na nossa história, passada e deixada pelos nossos pais.”* (Santiago, (s/d)).

“A anulação da Arte no comportamento impede que se possa continuar a falar de pintura ou de Arquitetura enquanto objectos: antes são acontecimentos e, neste sentido, a crise da historicidade da Arte liga-se à crise do objeto...” (Taburi, 1988 cit in Santiago (s/d)).

Concluindo, o papel do arquiteto é o de pensar, utilizando as ferramentas que tem ao seu dispor, para atingir um fim, sem descorar a responsabilidade na decisão das suas acções sobre todo o processo criativo, dando mais atenção ao detalhe como elemento pertencente à Arquitetura do que à ornamentação.

3.1.3 - O Detalhe e Ornamentação em Arquitetura

“A Arquitetura, como algo distinto da mera construção, é a decoração desta.” (Scott, cit in Botton, 2009)

O detalhe em Arquitetura é uma palavra com menos de 400 anos. Deriva da palavra francesa do séc. XVII *“détail”* e *“détailler”*. Que significa “de”-separação, e *“tailleur”*- cortar, do latim *“talea”*, *“twig”*- cortar, expressando o sentido das coisas menores como um todo. Um detalhe é um elemento característico do contexto arquitetônico, normalmente sempre visto como ornamento decorativo, que servia de adorno ou embelezamento (Garcia, 2014).

O detalhe é relativo, podendo ser entendido como uma aproximação de escala, e não como algo físico ou material. Com o reconhecimento profissional dos engenheiros no final do séc. XVIII, rapidamente ficaram encarregues da construção dos novos edifícios da revolução industrial, tendo como mais-valia, o domínio das novas tecnologias do ferro, do vidro, do betão e do aço. Alheios ao sentido estético a adoptar, apenas tinham o objetivo meramente funcional, conseguindo construir estruturas impressionantes, mais sedutoras do que na sua confusa época (Botton, 2009). Ao longo dos anos o detalhe foi sempre posto de parte visto como um elemento secundário, fruto de outros conceitos prioritários. Isto reduz o detalhe, associado e circunscrito ao superficial, apêndice cosmético do desenho, um acessório do produto menos óbvio, fator e ator na Arquitetura (como regras de edificação e leis, higiene e sustentabilidade) (Garcia, 2014).

O detalhe, também foi em tempos teoricamente ignorado ou simplesmente um dado adquirido. O detalhe pode catastroficamente destruir o projeto. Os detalhes não se conseguem evitar, pelo envelhecimento, pelo desgaste atmosférico, pelo uso, imperfeição material ou por substituição do construtor. O detalhe acontece (Garcia, 2014).

O detalhe é visto como secundário, comparativamente com outros valores arquitetónicos, é equiparado à ornamentação.

A constante procura do projeto de idealização, por trás de uma aparência prática, fez com que a Arquitetura Moderna tentasse refletir no seu

público alvo o que ele poderia ser, com o objetivo de melhorar e moldar a realidade (Botton, 2009).

A submissão do detalhe persistiu ao longo da história e no presente. O “sem ornamentação” e o “ornamentado demais” são praticamente uma confusão entre a escala e o tamanho do detalhe em relação ao todo (Garcia, 2014).

“Despite all of this, the detail was fated for greater fortunes.” (Garcia, 2014).

O detalhe sempre foi uma preocupação do arquiteto, apesar da influência da engenharia e o seu parecer técnico, cabe ao arquiteto, controlar e gerir o detalhe, guiando-o na criação do espaço arquitetónico pretendido, não descurando a funcionalidade técnica e as suas características sociais.

Isto põe em questão, qual é então o papel do arquiteto?

O nosso interesse nos edifícios é resultante da forma como eles comunicam connosco, como a conjugação dos materiais conseguem transmitir algo significativo ou comovente. É por isso que a preocupação principal do arquiteto reside no aspeto visual do edifício e na forma como os espaços oferecidos vão comunicar com o público, permanecendo envolvidos quer no desenho da estrutura como no detalhe. O arquiteto deve conjugar o seu discurso arquitetónico, com a funcionalidade técnica dos materiais e a diferenciação social correspondente aos espaços, permitindo-lhe desenhar da melhor forma o detalhe (caixilharias, intersecções, cantos, texturas materiais) (Schumacker, 2014).

Atualmente é possível, usar formas geométricas mais complexas, com o uso dos algoritmos é possível descrever e subdividir superfícies e ajustar os detalhes virtuais paramétricos, de acordo com o local onde assentam. Estas necessidades são uma adaptação técnica necessária, mas o seu uso pode ser também uma marcação visual. O uso do processo de modelação digital, no desenho do detalhe e a utilização de algoritmos na criação de padrões, não se trata só de uma questão de eficiência técnica, mas adquire uma nova subtileza

na variedade de articulações possíveis que podem ajudar a entender a crescente complexidade espacial (Schumacker, 2014).

Os padrões mais significativos no desenho do espaço, são muitas vezes imperceptíveis, sendo pertinente abordar este tópico neste estudo

3.1.4 - Padrões em Arquitetura

“The pattern is far more important than the material stuff that constitutes it.” (Kurzweil, 2005, p.478 cit in Garcia, 2009).

Tradicionalmente os padrões eram vistos de forma decorativa, como ornamentação. Hoje os padrões existem de forma invisível, imaterial, de forma dissimulada nos objetos e no espaço que nos rodeia. A palavra “padrão” tem origem do latim “*pater*” ou “*patronus*”, significa pai, deus ou mestre, de onde deriva o termo padrão como modelo, matriz, decalque (“*stencil*”) ou molde. Nos dias de hoje, significa, repetição, sequência ou uma série de unidades em repetição (Garcia, 2009).

Certos padrões podem ser efeitos estruturais, texturais ou meramente decorativos. A tecelagem e a cestaria, são um exemplo da utilização dos padrões geométricos, e que foram aplicados de outras formas em materiais menos limitadores, tendo influência noutras áreas. Os índios *Cherokee* utilizavam os padrões, desde os mais complexos aos mais simples, na técnica de cestaria. Este processo era o reflexo da sua cultura, onde eram criados desenhos geométricos no desenvolvimento do padrão estrutural. Os recipientes mais antigos eram as peças de cestaria revestidas de barro internamente.



Fig.14- padrão tradicional
(<http://www.portalamazonia.com.br/cultura/files/2013/04/artesanatos.jpg/>)

Algumas tribos não utilizaram só o barro para a criação de recipientes mas também na construção das suas casas, onde as paredes eram praticamente lisas que davam a ideia de ter sido rebocadas. Estas duas realidades podemos comparar com a Arquitetura: a forma rudimentar da cesta que realça a estrutura e a forma lisa e regular do barro que esconde a estrutura (Rasmussen, 2007).

O cérebro humano é capaz de reconhecer milhões de padrões, sendo que alguns são perceptíveis a olho nú, enquanto outros são absorvidos de uma forma mais directa, provocando por vezes alucinações, afectando de forma psicológica ou neurológica, levando a repercussões no nosso corpo. A criação de padrões de forma intuitiva, não intencional, faz parte do processo criativo (Garcia, 2009).

Numa superfície homogénea incomoda-nos as pequenas diferenças de textura. É fácil perceber que a sensibilidade do olho humano é capaz de diferenciar uma textura fina e nobre de uma medíocre e mal acabada (Rasmussen, 2007).



Fig.15- Benedetta Tagliabue, EXPO Shanghai Pavilhão de Espanha – padrão tradicional (<http://www.designboom.com/architecture/benedetta-tagliabue-interview-embt-12-05-2014/>)

O padrão é uma característica de desenho no espaço. O mundo físico e os nossos corpos agem com restrições aos padrões que criamos e que surgem da interacção entre estes sistemas que produzem diferentes dimensões temporais e diferentes níveis, tanto os de aspecto natural como os criados pelo

Homem. As tecnologias digitais vieram acelerar e expandir os vários tipos de padrões que podem ser criados (Garcia, 2009).

Como processo (método e técnica) e como produto (objecto, forma, matéria) os padrões, as tipologias e os programas, são, soluções de desenho espacial, conceitos e efeitos repetidos criados pelo homem (Garcia, 2009).

Cada teoria e desenho de espaço têm os seus padrões únicos, característicos da história e do território (como a tribo dos índios *Cherokee*). Como a história e as teorias de desenho sugerem, são as novas tecnologias que estão a alterar e a centralizar o papel dos padrões no espaço, e a forma como se desenha o espaço e o futuro (Garcia, 2009).

Desde o séc. XV é notória a evolução dos padrões desenhados e a sua implementação no espaço. Com a revolução industrial, as pesquisas científicas e as influências coloniais e imperiais, os padrões tornam-se esteticamente variados, de material sofisticado mecanicamente e funcionalmente precisos.

Só no séc. XX os padrões foram considerados como “arte”. No período Moderno, foram produzidas teorias apoiadas nos fundamentos da escola de Gestalt. Como já referido anteriormente o modernismo tem como característica ser anti-padrão, contra a decoração e ornamentação (Garcia, 2009).

Os padrões modernistas, opõe-se aos pós-modernos, o branco, limpo, rectilíneo, funcional contrastando com os padrões descentrados, fragmentados, caóticos, sem forma, reflectindo a fragilidade contemporânea dos espaços sociais e da vida do dia-a-dia (Garcia, 2009).

“...mas nós mesmos temos de sentir os efeitos texturais para compreendermos o que realmente eles são.” (Rasmussen, 2007).

Os padrões são vistos como algo mais importante, mais tecnológicos, conceituais, dinâmicos, virtuais, imateriais, com funcionalidades diversas. Toda esta evolução só é possível com o auxílio das tecnologias digitais, que permitem um alargamento da variedade de padrões que conseguimos visualizar com exatidão (Garcia, 2009). Através das seguintes imagens, é possível observar a existência de um padrão bem visível de perto do edifício Eye Film Museum, enquanto que observando ao longe não é possível identificar o padrão existente, isto acontece devido ao cuidado do arquiteto na escolha do padrão. Esta linguagem multidisciplinar e dissimulada pelo espaço vai elevar os padrões existentes a um outro nível.



Fig.16- Eye Film Museum, Amsterdão
(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b6/EYE_Amsterdam.jpg/)



Fig.17- Eye Film Museum, Amsterdão.
([https://farm9.staticflickr.com/8015/7597305946_93faba21b0.jpg /](https://farm9.staticflickr.com/8015/7597305946_93faba21b0.jpg/))

Atualmente os padrões são vistos mais como um elemento pertencente e aliado à Arquitetura do que apenas forma decorativa e de ornamentação. Através dos padrões é possível diferenciar a tipologia de um determinado espaço, e adequar o respectivo padrão capaz de melhor servir esse espaço, possibilitando a constante alteração espacial, distanciando-se assim do conceito tradicional (Garcia, 2009).

Estudos e pesquisas recentes, mostram que os padrões estabelecem uma ligação visual, material, estrutural e decorativa, aliando-se a padrões interativos, baseados em pesquisas, com capacidade de transmitir informação através das novas tecnologias. O que faz com que o edifício alcance uma *performance* e significado diferente além da interminável variedade possível, capaz de se relacionar em tempo real, com padrões pessoais, históricos,

sociais, culturais, transformando-os em alterações estéticas no espaço (Garcia, 2009).

O facto de elementos sem sentido e desorganizados existirem no espaço, não quer dizer que no seu conjunto não sejam belos. É aqui que reside a questão do belo, a harmonia entre o ocasional e o sentido estético.

3.1.5 - Estética

A beleza consiste no facto de constituir a forma de elementos que, em si, são indiferentes à beleza e que só em conjunto adquirem o valor estético.

Isto acontece tanto na natureza como na Arte, onde os elementos são conjugados de acordo com um objetivo prévio de belo (Simmel, 2010).

A essência do conhecimento consiste em formar uma imagem do Mundo a partir de um conjunto de sensações, assim como a moralidade se concentra numa unidade (objeto) os interesses incoerentes e opostos, ou seja, a estética consiste em concentrar numa unidade impressões, ideias e sugestões (Simmel, 2010).

A discussão sobre o belo é desnecessária. A vantagem de desviar a discussão dos valores visuais para os promovidos pelos edifícios é que dessa forma consegue-se controlar a discussão sobre o aspeto da Arquitetura. O edifício que comunica com o seu público e lhe transmite sensações permite colocar questões arquitetónicas sobre os valores segundo os que queremos viver, em vez de debater como queremos que seja o aspeto das coisas. (Botton A. 2009)

A Arte como uma criação do Homem, consiste em extrair a variedade original das coisas e das suas representações (Simmel, 2010).

3.1.6 – Arte/Arquitetura generativa

Desde a revolução industrial, a forma como utilizamos as ferramentas digitais tem sofrido mudanças constantes. Não só as tomamos por garantidas como corremos o risco de nos tornar os “cyborgs” que se falava nos anos 90, mas sem os implantes e a realidade virtual (Watz, 2011).

Contudo estamos rodeados de tecnologia, desde o *Google* à *Wikipédia*, das redes sociais aos *GPS's*, tornamo-nos seres que habitam um Mundo real (onde o carácter físico do ser Humano está presente) e simultaneamente virtual (onde a informação se encontra guardada, a “nuvem” aloja informação, que pode ser partilhada por utilizadores ou por empresas privadas, estando acessível de uma forma mais rápida e eficaz) (Watz, 2011).

Esta revolução não é possível sem o entendimento dos *softwares* como artefacto cultural. O desenvolvimento mais relevante é que não são apenas ferramentas mas podem começar a ser o material com que as obras são feitas. As novas disciplinas de “Design” (projecto) são baseadas na utilização da computação para resolver problemas de projecto (Watz, 2011).

A origem desta tendência remonta ao início dos anos 90. Esta abordagem generativa foi ganhando popularidade, e tornou-se interessante, no que toca á sua relação com a matemática. O processo técnico de escrever em código, por si só, já é um processo complexo, aumentando a dificuldade em manipular algoritmos capazes de servir princípios estéticos (Pearson, 2011).

A criação de código envolve sempre passos incertos que à primeira vista podem parecer completamente desligados da composição visual (Pearson, 2011).

A criação requer a identificação de conexões lógicas entre elementos e comportamentos em termos de regras que podem parecer sem relação “...ao ponto de dizer que hoje nós trabalharmos com computadores, é tao significativo como respirarmos oxigénio” (Pearson, 2011).

Segundo Pearson (2011), a Arte Generativa não é programação nem Arte, no seu sentido convencional, dito isto podemos estabelecer a relação entre a Arte Generativa e a Arquitetura Generativa uma vez que ambas podem usar o mesmo tipo de método. Programação é a ligação entre o homem e a máquina, é uma disciplina limpa, lógica e com objectivos definidos. A arte e a Arquitetura são assuntos emocionais e extremamente subjectivos e de definição desafiante. O generativo é o ponto de encontro entre os dois, é o acto, frio, limpo, de processo lógico (programação) e que se converte numa criatividade ilógica, imprevisível e com resultados expressivos (Arte/Arquitetura) (Pearson, 2011).

“A Arte generativa não é algo que se cria com plantas, materiais e ferramentas. Ela cresce, como uma árvore ou flôr, mas as suas sementes são a lógica e a electrónica em vez de água e terra.” (Pearson, 2011).

É o resultado emergente dos processos mais simples: decisões coerentes e matemáticas. O generativo é a criação do orgânico usando o mecânico (Pearson, 2011).

Cada pegada que deixamos, pode significar algo para alguém, em qualquer lado, mesmo que seja apenas para nós próprios. Podemos não ser bons artistas mas ser artista é sermos nós próprios. Para o arquiteto esta afirmação é mais complexa, uma vez que a sua responsabilidade social, e o impacto das suas ações podem ter repercussões elevadas, uma vez que os edifícios são a sua pegada e a sua obra de Arte (Pearson, 2011).

Para fazer Arte ou Arquitetura generativa, não é necessário saber linguagem de programação, apesar de ser algo mais específico, é apenas um atalho, comparativamente com outras áreas relacionadas com a arte (Pintura e Escultura), que é necessário outro tipo de habilitações pessoais, no generativo elas já estão implícitas nas ferramentas digitais, sendo apenas necessário as instruções do utilizador (Pearson, 2011).

Se o trabalho de programação for declarado como arte, não estamos a implicar a exploração da emoção?

De acordo com Philip Galanter (2003), a arte generativa refere-se a qualquer prática de arte onde o artista use um sistema, como um conjunto de regras de linguagem natural, um programa computacional, uma máquina, ou outra invenção procedente, que são colocados a trabalhar em conjunto, com algum grau de autonomia contribuindo ou originando a obra de arte (Galanter, 2003).

A afirmação de Galanter (2003), não descreve por si só, a complexidade da arte generativa, que é constantemente uma batalha entre a ordem e o caos, com o objetivo de encontrar um equilíbrio natural.

Um artista usa as ferramentas para trabalhar o material até à sua forma final, no generativo é o programa de computador que faz todo o trabalho complexo onde o utilizador “apenas” dá instruções e as definições iniciais (Pearson, 2011).

Quando o utilizador está no processo de produção da obra, ele cria um sistema, modela-o, refina-o e por fim o resultado pode ser apenas o orgulho próprio pela peça criada. Algo injusto, visto a aplicação intelectual do criador estar a ser aplicada na inter-relação com o programa, dando o seu parecer estético sobre a mesma. Atualmente é possível introduzir no computador o sentido estético, mas será este o melhor processo criativo? Deixar uma máquina decidir o que é estético ou não? (Pearson, 2011).

De acordo com Pearson (2011), este tipo de criação é abstrata por si só, e não pode ser definida pelo estilo final do trabalho, o fator comum neste tipo de trabalhos é o processo metodológico criativo e não o estilo do resultado final.

Para ser possível existir uma metodologia generativa, a primeira regra deve incluir que a autonomia deve estar presente. O artista cria as regras base e formula, definindo os elementos aleatórios ou semi-aleatórios, e depois aplica o processo autónomo de criação da obra. O sistema não pode ser totalmente controlado pelo utilizador, senão o elemento generativo seria ele próprio. Na segunda regra, deve existir um certo nível de imprevisibilidade, surpreendendo pelo resultado final (tanto o utilizador como o público) (Pearson, 2011), ou seja a partir do momento em que é o utilizador a dar uma ordem ao computador, para a criação de forma através do processo generativo, este vai criar segundo as directrizes dadas, mas o utilizador não tem o conhecimento total do resultado final.

O método generativo é sempre um processo colaborativo, mesmo que o utilizador trabalhe sozinho. A autoria de qualquer obra é pertencente à “máquina”. Ela está claramente ligada ao uso do computador e á evolução das tecnologias digitais e pode não parecer tao velha como a “arte” (tradicional) mas é tao velha como a matemática (Pearson, 2011).

Recentemente assistiu-se a um aumento do uso das ferramentas digitais em Arquitetura. O uso da tecnologia em Arquitetura surge pelo interesse em aplicar novas técnicas provenientes de outras áreas científicas, e qual a sua influência para a evolução da sociedade. O estado atual da cultura arquitetónica, a educação e as mudanças desafiadoras ao longo do tempo, exigem alguma reflexão (Buchanam, 2011).

3.1.7 – Autopoiése

A “Autopoiése da Arquitetura” (Schumacher, 2011), é um livro escrito por Patrick Schumacher onde, com a aplicação dos conceitos e métodos do sociólogo alemão Niklas Luhmann (1927-1998) procura uma teoria unificadora para a Arquitetura. Luhmann analisa a sociedade moderna como uma variedade de sistemas funcionais autónomos, incluindo leis, política e economia. Para cada sistema funcional constitui um sistema de comunicação individual e autopoiético na natureza. Ele refere-se à dinâmica envolvente destes sistemas e à autonomia de cada um. A Arquitetura para Luhmann faz parte de um sistema funcional, o artístico. Para Schumacher a Arquitetura é considerada um sistema independente comunicacional, segundo a teoria de Luhmann (Schumacher, 2011).

A palavra, Autopoiése, deriva do grego “auto”- próprio e “poiesis”- criação, neste caso aplicado à Arquitetura entende-se como auto-produção (Lima, 2012).

Como já foi falado anteriormente, a Arquitetura diferencia-se das restantes Artes (Escultura e Pintura) e da Engenharia, a partir da época do Renascimento, devido à importância que a teoria passou a assumir na consciência individual do arquiteto na prática de Arquitetura, questionando a importância da mesma para o bem-estar da sociedade.

A chave para o sistema de Luhmann é a identificação de pares, cuja interacção conduza e defina cada sistema funcional. Schumacher, selecciona na Arquitetura a relação entre a forma e a função como sendo o par chave, que se relaciona directamente com outro par, a utilidade e a beleza (Buchanam, 2011).

Para a vanguarda arquitetónica o ambiente de trabalho da Arquitetura reside no desenho. No livro de Schumacher, o meio do processo de projectar é o desenho, mas o meio da Arquitetura é a construção física em si, com todas as suas complexidades de espaço, atmosfera, materiais e sistema construtivo, tudo funcionando como um conjunto (Buchanam, 2011).

Segundo Schumacher, a verdadeira Arquitetura de Vanguarda, consegue, por vezes participar activamente na mudança social, onde as ideias

são consolidadas e testadas pelo movimento atual (independentemente de qual seja), que depende da Arquitetura de Vanguarda para manter e consolidar a sua importância funcional. Cada Arquiteto tende a olhar para o trabalho de outros arquitectos, mais conceituados, como forma de referência, com o intuito de lidar com a complexidade e as limitações na procura de novas ideias e inspiração, colocando de lado a intenção de criação de Arquitetura de Vanguarda indulgente e desprovida de interesse (Lima, 2012).

O Mundo orgânico encontra-se dividido por três realidades diferentes (*“Great Chain of Being”*), o *“Bom”* (ética e cultura), a *“Verdade”* (ciência e natureza) e *“Beleza”* (físico e arte). Foram estas diferenciações que deram o poder à Modernidade para desenvolver o Mundo, que levaram ao declínio ambiental dos dias de hoje, onde o arquiteto e o urbanista têm as suas responsabilidades (Buchanam, 2011).

Schumacher afirma que a “sustentabilidade é um tema abrangente” que está em falta na sociedade contemporânea. No entanto, mesmo os Arquitetos por vezes não compreendem o que está em causa, transformando-se numa abordagem objectiva, tecnológica e ecológica desprendida de valores culturais e psicológicos, sendo assim um paradigma limitante da Arquitetura moderna. (Lima, 2012)

Uma das características mais prejudiciais da modernidade é a banalização da cultura, onde é descartada a iconografia e os detalhes culturais (colunas, pórticos, arquivoltas e todo o tipo de ornamentações e decorações) (Buchanam, 2011).

“...transcorridas algumas décadas de emprego dessa ornamentação emprestada e desprovida de significado, voltaram-se contra as banalidades pré-moldadas e exigiram materiais honestos e mais rigorosa harmonia entre o material e a forma.” (Rasmussen, 2007)

Para Loos, *“Cada época tem o seu estilo próprio. Deveria então ser negado à nossa época o seu próprio estilo. Por estilo entenda-se ornamento. Por isso afirmo: Não chorem! O que constitui a grandeza cultural da nossa época é a incapacidade de produzir uma nova forma de decoração. Vencemos*

o ornamento, vencemo-lo ao ponto de não existirem mais ornamentos.” (Loos, 1908 cit in Sharnitz, 2009).

O edifício moderno tinha a característica de ser uma máquina para viver, libertando-nos e adoptando um papel de subordinado, como um dispositivo funcional:

“Não posso aceitar o princípio de que os ornamentos melhoram a qualidade de vida das pessoas cultas e também não posso concordar com a ideia expressa nas seguintes palavras: “Mas quando o ornamento é bonito...” Para mim, e para as pessoas cultas à minha volta, o ornamento não melhora a qualidade de vida.” (Loos, 1908 cit in Sharnitz, 2009)

Como referido por Le Corbusier: *“É preciso, portanto, reconhecer os órgãos da casa, enumera-los, classifica-los. É preciso fixar as contiguidades uteis, desenrolar em sua ordem normal as operações sucessivas. (...)*

A revolução? Sim, pois no que se refere aos hábitos correntes, sucessivas invenções contribuíam com inúmeros objectos novos e não foi feita leitura alguma deste acontecimento. Tudo acumulou-se com dificuldade, na confusão, e esta confusão simplesmente os levou ao desperdício.” (Corbusier, 2004).

“A questão, até agora, colocava-se sumariamente, pois a construção de pedra, sujeita às sobreposições dos mesmos locais, de um andar ao outro, impedia inovações, opunha-se a essa busca de economia que, para nós, tornou-se uma base fundamental.” (Corbusier. 2004).

Numa das suas conferências, Corbusier (1919), fala sobre a Arquitetura da casa moderna. O arquiteto compara a biologia com a Arquitetura, onde resume apenas o que é essencial.

“Um pouco de biologia prévia:

Este esqueleto para sustentar

Enchimentos musculares para agir

Estas vísceras para alimentar e fazer funcionar.” (Corbusier L. 2004)

Também o faz comparando a Arquitetura com a construção automóvel, fazendo referência ao comportamento das partes essenciais de um carro para o mesmo funcionar. Com esta análise consegue-se identificar a tendência do modernismo, para uma nova liberdade arquitectónica.

“Como tirar partido destas novas liberdades?

Em benefício da economia,

Da resolução de inúmeras funções modernas,

Da beleza.

A revolução arquitectónica (...)” (Corbusier L. 2004).

Os edifícios como artefactos culturais, deram-nos indicações de como nos devemos relacionar, algo que a modernidade minimizou, direccionando e ligando-nos com o passado e com a história, projectando-os para o futuro, para os nossos descendentes. Os edifícios modernos possuem um valor momentâneo e perdem-no quando este passa a ser funcionalmente obsoleto, consistente com a visão destrutiva de curto prazo da modernidade. Esta é uma razão pela qual a sustentabilidade exige, a recuperação e o repensar da cultura, uma questão vital para qualquer nova teoria de Arquitetura contemporânea (Buchanam, 2011). Para qualquer teoria ser relevante na atualidade, tem de incluir esta ampla forma de pensar.

Segundo Lima (2012), na sua dissertação de mestrado, *“Não é possível elaborar Arquitetura sem recorrer a fundamentação teórica, já que existe uma diferença considerável entre a construção por métodos de repetição e a construção sujeita à ponderação e interpretação subjectiva. A teoria é o produto da depuração da realidade percebida pelo Arquitecto, não podendo a Arquitetura existir de nenhuma outra forma.”* (Lima, 2012, p. 22).

É necessário referir que os princípios base da teoria arquitectónica contemporânea já não são os mesmos. Os meios que a Arquitetura dispõe

atualmente (aptidões formais, *performance* técnica, sistemas de simulação), permite que esta atinja um outro nível, o que faz com que, na elaboração de uma nova teoria arquitectónica, seja necessário ponderar nas capacidades tecnológicas existentes conduzindo à clareza dos limites previamente impostos (Lima, 2012).

A utilização de tecnologias digitais não interfere directamente na teorização da Arquitetura, uma vez que estas devem servir como uma extensão das capacidades do arquiteto, abrangendo uma grande variedade de utilizações, não desprezando a etapa de conceptualização de cada projecto. (Lima, 2012)

A criatividade e experiência de cada arquiteto determina a forma como a ferramenta digital vai influenciar o projecto, variando o seu impacto de acordo com o papel que desempenha na prática (Lima, 2012).

Atualmente, na Arquitetura, os processos construtivos tradicionais são considerados os mais eficientes, o que vem restringir a forma como as novas tecnologias são utilizadas, colocando em causa a complexidade geométrica (Lima, 2012).

No contexto socioeconómico em que nos encontramos os processos que são utilizados são os mais indicados, mas recorrendo a ferramentas de optimização é possível atingir uma *performance* mais elevada, principalmente quando se trata de formas geométricas mais complexas e com diferentes métodos construtivos, sendo também possível controlar os níveis de impacto ambiental, sem que haja um desperdício elevado de recursos, para uma solução mais sustentável (Lima, 2012).

“Os processos construtivos da indústria da construção em Portugal são do tipo artesanal, continuando a basear-se excessivamente nos métodos de construção tradicional, com baixo grau de industrialização, e na mão-de-obra não qualificada, sendo caracterizada pela sua baixa produtividade e utilização excessiva de recursos naturais e energia.” (Mateus, 2004).

Como referido na dissertação de Lima (2012) existem cinco princípios que justificam o aumento da complexidade geométrica da Arquitetura de vanguarda:

- Devido ao acumular de informação e à complexidade da sociedade contemporânea, “o *design* paramétrico tem a capacidade de criar relações formais entre elementos singulares e a capacidade de gestão massiva de informação”. A constante evolução das tecnologias permitem uma maior capacidade de partilha de informação, o que se reflecte na Arquitetura, sendo necessário uma maior capacidade de gestão da complexidade e quantidade de informação.

- Com a questão ambiental cada vez mais presente, a utilização de software de optimização, baseado em algoritmos, é possível a criação de uma Arquitetura mais sustentável. A utilização de *software* generativo permite a liberdade de criação de forma, deixando para trás os métodos tradicionais e podendo ser obtida uma maior performance da forma, revelando-se uma alternativa bastante plausível para o uso controlado dos recursos existentes.

- A restrição da Arquitetura a um exercício racional tem-se tornado “incompatível com as ambições humanas”. Existe a necessidade de “transmitir significados culturais, experiencias sensoriais e de referências espaciais”, que além da sua função espacial necessitam estabelecer significados formais. A utilização das novas tecnologias permite o melhoramento da capacidade de comunicação e do sistema de linguagem e significação mais acessível, claro.

- A corrente principal na Arquitetura “utiliza um processo de criação formal para criar formas para solucionar funções específicas”. A utilização de ferramentas digitais são uma mais-valia para uma melhor compreensão e adaptação de novas funções num determinado espaço. “A Arquitetura de vanguarda promove a multifuncionalidade espacial”. “Um espaço deve ser enaltecido pelas capacidades intrínsecas e não pela função que lhe é atribuída”, colocando de lado o modelo funcionalista, em que cada espaço corresponde a uma função, que não se identifica no espaço em si, apenas no desenho de projecto, com o nome correspondente à sua função.

- A variedade formal do construído revelou-se uma incoerência e desorganização da Arquitetura Pós-Moderna. Resultando na ausência de percepção visual.

A autonomia da Arquitetura implica uma autodeterminação da mesma, nem os filósofos, cientistas, políticos, ou clientes, podem comandar a

Arquitetura. Ela é uma disciplina autónoma mantendo-se relevante e produtiva para a sociedade, deve interpretar o ambiente social, em que se insere, de forma a responder nos seus próprios termos, de forma pertinente: Autopoiése (Schumacher, 2011).

A Arquitetura observa outras áreas científicas, como a filosofia e a ciência, procurando inspiração e orientação para atualizar as suas capacidades intelectuais, não podendo viver isoladamente, sem se abstrair do desenvolvimento intelectual que a rodeia, no entanto quando adopta conceitos e formas de argumentação fá-lo com base nas suas próprias necessidades, interesses e importância de critérios. A importância reside agora dentro da Arquitetura, não nas teorias de especialistas em Autopoiése, fora da Arquitetura. Esta afirmação é a mesma postura/visão de Luhmann do seu conceito autopoiético em sociologia (Schumacher, 2011).

A Arquitetura é um sistema de comunicação com várias alternativas teóricas e opções conflituosas, que só existe se ainda for possível que as teorias e opções contraditórias se referenciem e debatam entre si (Schumacher, 2011).

Esta teoria de Schumacher direcciona a Arquitetura para a noção de um novo estilo, o Paramétricismo (gerado através de software paramétrico), como sendo o sucessor da Arquitetura Moderna.

CAPITULO IV – Ferramentas Digitais

CAPITULO IV – Ferramentas Digitais

4.1 – Descrição das ferramentas digitais

Atualmente existem no mercado várias ferramentas digitais capazes de contribuir para o desenvolvimento do trabalho do arquiteto.

As ferramentas CAD (Computer Aided Design) começaram a ser desenvolvidas a partir da ferramenta criada por Ivan Sutherland, previamente referida no Capítulo II. A ferramenta é capaz de através de métodos e indicações controlar a capacidade de desenho, a partir da adição de comandos, permitindo a representação geométrica de artefatos de forma assertiva, o seu dimensionamento e respetiva modificação, permitem também o armazenamento de dados, assim como a sua partilha em outros formatos (Initial Graphics Exchange Specification (IGES) - formato neutro de transferência de ficheiros CAD). O utilizador é o elemento principal, com capacidade para tomada de decisões no processo de desenho. Esta ferramenta não permite ao utilizador ter acesso às suas funcionalidades de programação. O *Autocad*, *SolidWorks*, *CATIA* e o *Unigraphics*, são exemplos de *softwares* que podem ser usados como uma ferramenta CAD (Ball, 2013).

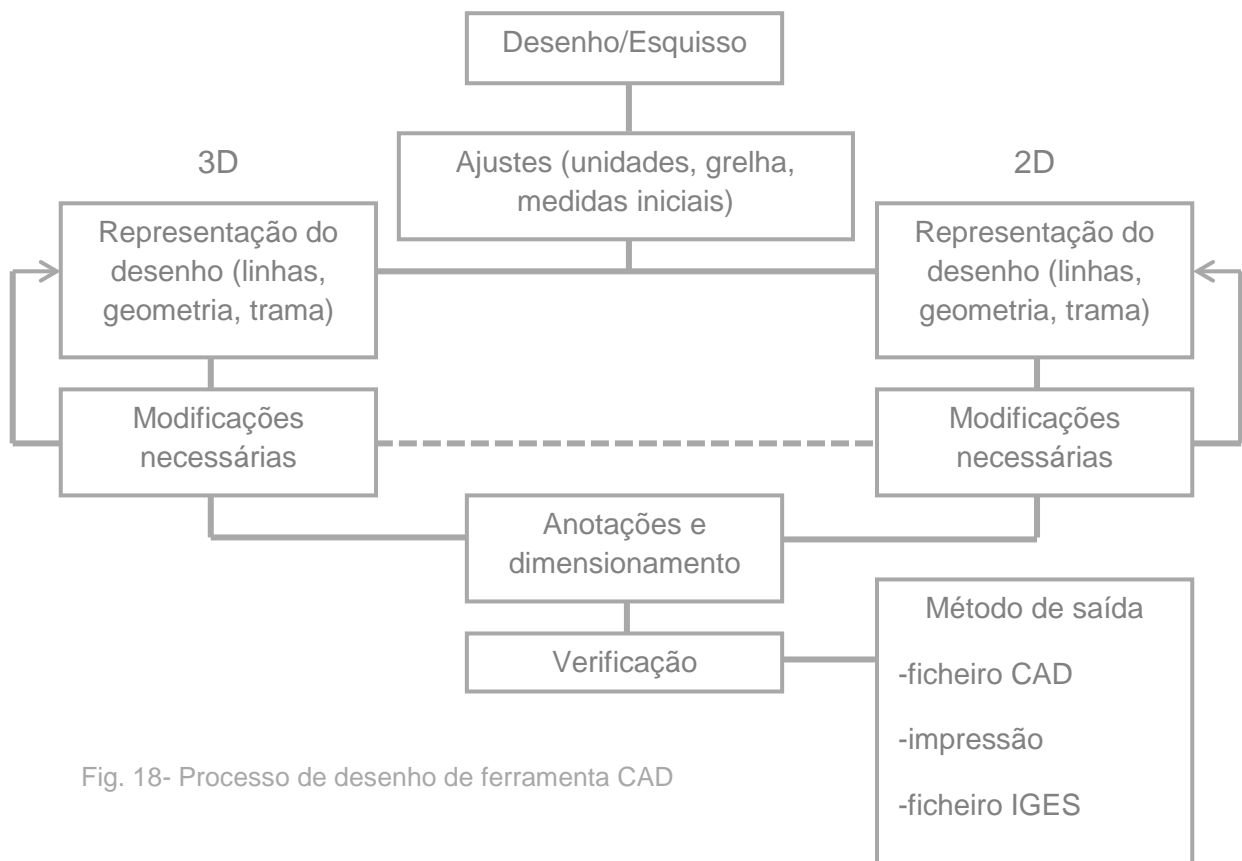


Fig. 18- Processo de desenho de ferramenta CAD

As ferramentas BIM (Building Information Modeling) representam propriedades físicas e essenciais de um edifício, relacionando elementos geométricos com uma base de dados que inclui objectos predefinidos e que podem ser alterados de forma paramétrica. Para além disso a maioria das ferramentas BIM já incluem um motor de renderização que permite a interação do utilizador com um modelo tridimensional, possibilitando assim a alteração de elementos em 3D, que são ajustados automaticamente nos restantes desenhos (plantas, cortes e alçados), permitindo assim aceder à documentação de forma mais rápida e fácil, influenciando a qualidade da coordenação das tarefas. Este modelo tridimensional BIM, vai além da modelação geométrica e da introdução de textura material, consiste na introdução de objectos virtuais, correspondentes a elementos de construção com todas as suas características reais, no modelo 3D. Permitindo desta forma, a simulação do ambiente construído, para que seja possível entender o comportamento, do conjunto, de todas as especialidades e informação sustentável, antes da fase de construção, e também permitindo a comparação entre diferentes abordagens de desenho e de projeto. Esta ferramenta revela-se uma mais-valia na fase de gestão de projeto, onde é possível prever a mão-de-obra necessária e o custo estimado em qualquer fase entre outras coisas que possam influenciar o planeamento do projeto, podendo ser utilizada não só na fase de concepção e construção do edifício como também durante todo o ciclo de vida do mesmo, ajudando a reduzir os custos operacionais (Graphisoft, 2015).

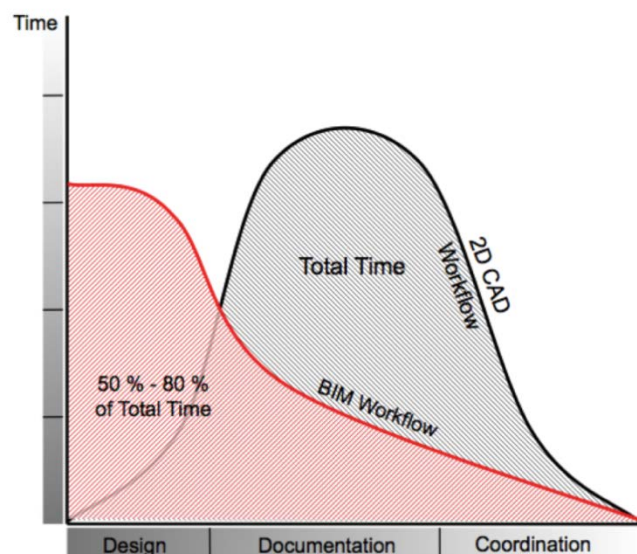


Fig. 19- Diferença de tempo utilizado entre ferramenta BIM e CAD (http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/about_bim/)

Com as ferramentas BIM os edifícios são modelados a partir de elementos de construção (paredes, lajes, portas, janelas), a alteração dos dados no formato tridimensional é acompanhada pela alteração dos desenhos individuais gerados a partir do modelo geral bidimensional, enquanto nas ferramentas CAD, os desenhos bidimensionais, têm de ser alterados manualmente e individualmente. Esta diferença oferece um aumento de produtividade, face às ferramentas CAD, possibilitam uma maior coordenação e cooperação em termos de projeto (Graphisoft, 2015).

Apesar de estas ferramentas BIM terem características paramétricas, elas diferenciam-se das ferramentas de programação paramétrica, que recorrem a linguagem de programação para o processo de modelação (Lima, 2012).

A utilização do termo, “parâmetro”, é implícita, para uma ferramenta ser paramétrica ela necessita permitir a alteração dos valores introduzidos.

Hoje em dia, os *softwares* são capazes de incluir este tipo de solução, ao contrário dos sistemas CAD iniciais, os valores necessitavam de ser introduzidos inicialmente e não possibilitavam a posterior alteração sem ser com a eliminação dos comandos (Lima, 2012).

Devido à linguagem de programação, é criado um histórico ou algoritmo, onde os valores introduzidos conseguem ser alterados.

Existe ainda a possibilidade de criar geometrias definidas por parâmetros constituídas por conjuntos de objectos, exibidos em sequência ou em séries, independentemente das características, que podem ser controladas através da introdução de dados, através de um controlador gráfico, por fórmulas matemáticas ou de forma aleatória. Com este processo o computador adquire um carácter autónomo. A repetição de formas mais complexas é assim simplificada pelo processo computacional (Lima, 2012).

As ferramentas de optimização, destinam-se à obtenção de uma *performance* máxima do edifício, esta tarefa também seria possível de executar através de cálculos e experimentação manual, mas quanto tempo demoraria? A utilização deste tipo de ferramenta permite explorar várias opções de projeto, num curto espaço de tempo, na fase de concepção do edifício. Esta ferramenta

é bastante útil nos *ateliers* de Arquitetura e Engenharia quando são desenvolvidas formas mais complexas. Devido à sua utilização de algoritmos para calcular uma série de resultados, que indicam qual o mais adequado, entre os resultados satisfatórios e os ótimos. (Lima, 2012).

Segundo Lima (2012), as ferramentas generativas, são usadas em processos criativos que envolvem as capacidades do utilizador e a capacidade do computador. Aqui o utilizador apenas controla o processo criativo até um determinado ponto, através da introdução de parâmetros, a partir daí o computador assume um papel autónomo criativo, seguindo as regras e limitações definidas pelo utilizador para a resolução do problema. Nem sempre, o uso de ferramentas representa o uso do processo autónomo no processo de criação da forma.

A introdução de parâmetros e regras têm de ser intencionalmente pré-definidas para ser considerado um processo generativo (Lima, 2012).

Os algoritmos usados nas ferramentas generativas são praticamente os mesmos utilizados nas ferramentas de optimização, distinguindo-se pela imprevisibilidade do resultado final, o que deriva da forma criativa como estes são aplicados.

4.2 – Algoritmos

A facilidade ao acesso de informação tem sido um dos principais potenciadores do avanço das ferramentas digitais.

Ao longo do tempo o computador tem-se revelado uma ferramenta de grande auxílio nos processos inovadores, revelando uma mais-valia em todos os processos criativos, quer como sendo apenas uma extensão das capacidades humanas, quer como unidade autónoma de apoio ao processo generativo, quer como unidade de criação de formas complexas, tendencialmente emergentes.

Nos dias de hoje qualquer utilizador dos sistemas CAD ou BIM, utiliza uma biblioteca pré-definida, como referência. Com a programação acontece o mesmo, sendo possível criar algoritmos próprios que posteriormente podem ser utilizados em outros trabalhos, e disponibilizados para uso público. Por exemplo o “*plug-in*”, *Grasshopper*, para o *software Rhinoceros*, permite a utilização deste sistema, de utilização gratuita, abrangendo uma grande quantidade de utilizadores, que têm a possibilidade de partilhar informação, levando assim à evolução do software (Lima, 2012).

Outros exemplos de *softwares* que utilizam algoritmos para ajudar o Arquitecto no processo criativo são: *Bentley Darwin Designer*, *Bentley Architecture*, *Bentley Generative Components*, *Bentley Micro Station*, para a plataforma da Autodesk o *Revit*, *Ecotec* e o *Vasary*, entre outros).

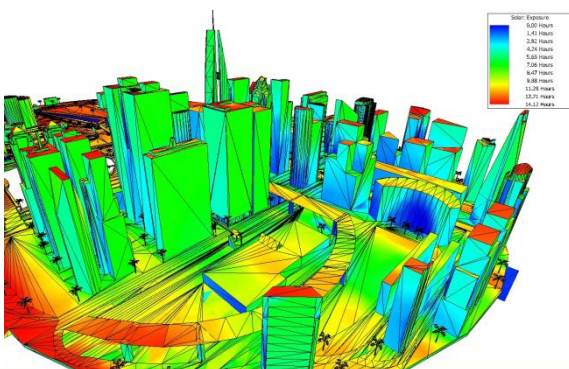


Fig. 20- Análise de exposição solar, Bentley Microstation
(<http://www.bentley.com/NR/rdonlyres/D5FE035B-CAFC-460C-B6C4-D25FB67ADC6A/0/Solar01.jpg>)



Fig. 21- Renderização, Bentley Generative Components
(<http://www.bentley.com/NR/rdonlyres/56A92500-A4C3-4565-ACA4-5CE268CB8697/0/Image03.jpg>)

Lima (2012), categorizou alguns algoritmos, nos quais já existem alguns conhecimentos e que podem ser integrados em processos criativos, em grupos: algoritmos geométricos, algoritmos recursivos, algoritmos heurísticos, algoritmos de cálculo e algoritmos de simulação.

O modo de projectar e produzir tem passado por grandes transformações.

4.3 – Processos de fabricação digital

As ferramentas digitais têm sido de grande importância na interpretação entre a informação digital e a materialização, obtendo-se um maior uso destas práticas e uma qualidade superior (Diez, 2014).

A produção digital engloba uma série de tecnologias que envolvem a criação de objectos, através de modelos computacionais. O que faz com que o objeto produzido possa ser controlado de acordo com os parâmetros em que foi desenhado, sendo ainda possível a posterior alteração do objeto, sem ser necessário a perda total de informação (Diez, 2014).

Com os avanços tecnológicos os objectos passavam a ser desenvolvidos em ambientes virtuais, mas mesmo assim é necessário transpor a informação do digital para o material.

Existem várias tecnologias mecânicas, como, as máquinas CNC (*Computer Numeric Controle*), as máquinas de corte a laser, as impressoras de corte e mais recentemente a impressora 3D, que são capazes de produzir objectos a partir de um documento digital, sendo apenas necessária a intervenção de manual para a introdução de dados no computador (Stylepark, 2014).

A utilização dos processos generativos são economicamente mais vantajosos comparativamente com os processos tradicionais. A produção de um único elemento é agora possível de uma forma mais económica, aproximando-se do custo de uma produção em série (Lima, 2012).

O processo tradicional implica pensar no objeto com todas as suas limitações que este necessita para ser produzido, em muitos casos sendo necessário a adição de elementos sem qualquer função, para a forma final do

objeto. Comparativamente com os processos generativos a forma impressa é meramente funcional, não sendo necessário elementos adicionais, diminuindo assim o custo final e o desperdício de matéria-prima (Lima, 2012).

A eficiência dos processos generativos é de tal forma mais compensatória que os processos tradicionais que conseguem superar as limitações de produção representando uma maior liberdade criativa. Isto resulta num significativo aumento de qualidade dos processos generativos, comparativamente aos tradicionais, repercutindo-se nas estratégias de mercado, tornando-se mais flexível e rápida a criação de um determinado produto, sem ser necessário uma produção em série, que significaria um custo mais elevado de produção. Ou seja, a mão-de-obra mais barata e que origina baixas condições sociais, poderá ser substituída por mão-de-obra mais qualificada, recolocando assim a indústria de acordo com as suas necessidades (Lima, 2012).

A utilização destes processos em Arquitetura pode significar uma grande alteração na forma de pensar. Recentemente foi testado um novo sistema de “impressão de Betão”, ou seja a uma escala arquitectónica bastante considerável, com o mesmo funcionamento que uma impressora 3D (Diez, 2014).

A robótica também é uma área que tem sido explorada nos processos construtivos. “ROB”, foi criado por Gramaziu e Kohler, é uma ferramenta construtiva robótica, que consiste na programação de um braço robô, que recebe ordens através de informação digital e que executa conforme as instruções dadas, no próprio local de construção, tendo total liberdade de movimentos, podendo trocar de ferramenta ou de material construtivo (Diez, 2014).

O “*Contour Crafting*” é a utilização de tecnologias de fabricação que consiste na adição de material. Este processo funciona através da leitura de um ficheiro (STL), que inclui uma geometria que é gerada em pequenas secções, próximas de décimas de milímetro, onde é resultante da adição de material com plasticidade, desde gesso, resinas e diversos tipos de plásticos (Stylepark, 2014).

CAPITULO VI – Casos de estudo

Caso de Estudo – Frank Ghery – Museu Guggenheim de Bilbao

O Arquiteto Frank Ghery foi um dos principais impulsionadores do uso das ferramentas digitais em Arquitetura. Os seus primeiros trabalhos apresentam uma linguagem modernista influenciada por grandes arquitetos como: Richard Neutra, Frank Lloyd Wrioth, entre outros. Nos seus projectos residenciais o vocabulário formal incidia na exploração da expressividade dos materiais mais nobres e na Arquitetura como um involucro, pele, representando o movimento. Este tipo de linguagem bastante característico de Ghery, estendeu-se aos restantes tipos de edifícios da sua autoria (galerias de arte, escolas, bibliotecas, restaurantes, museus) (Guggenheim, 2015).



Fig.22- Frank Ghery
(El Croquis 117)



Fig.23- Frank Ghery, Peixe - Barcelona
(<http://www.panoramio.com/photo/43956766>)

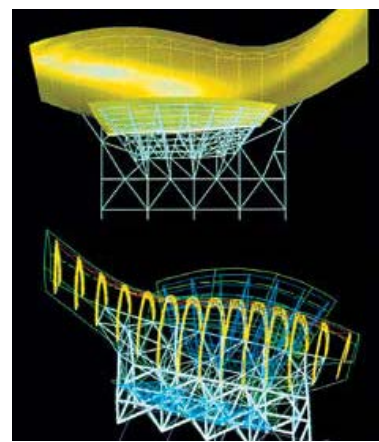


Fig.24- Frank Ghery , CATIA
(<http://www.arcoweb.com.br>)

O uso dos materiais pouco ortodoxos, com características maleáveis, fez com que fosse reconhecido como um arquiteto de referência devido ao seu grande interesse pela exploração das texturas, resultando em obras arquitectónicas reconhecidas em todo o Mundo, fruto da sua maneira de pensar e da sua forma de expressão formal. A sua abordagem e o seu sentido estético, aproxima a Arquitetura da Escultura. A primeira abordagem de Ghery a um projeto é normalmente antecedida de um processo de planeamento, ao contrário do que

se possa pensar, e de como os espaços se vão organizar. A criação de maquetas como se estas fossem o primeiro esquisso, mas de forma tridimensional, é apoiada pelo planeamento anterior. O arquiteto utiliza um programa digital que lhe permita explorar as várias possibilidades de desenho, sem que este comprometa o seu conceito inicial (Pagnotta 2013).

“They think I crumple a bunch of paper and then jam everything in it. That’s not the way I do it at all. I’m much more conventional about the organization of the plan, the sequences of spaces and how they work before I put the enclosure around it.” (Ghery, 2003 cit in Colomina, 2003).

Frank Ghery esteve envolvido no desenvolvimento do *software* CATIA (*Computer Aided Three-Dimenssional Interactive Application*), para uma empresa Aeronáutica Francesa (*Dassault*), abrangendo a capacidade de desenho, fabricação e engenharia. Este *software* acabou por ser adoptado por várias áreas, além da aeronáutica, como na indústria automóvel, náutica e também na construção (Slessor, 2010).

Antes de avançar para a análise do caso de estudo é necessário referir a importância de uma obra anterior, a Escultura do Peixe na Vila Olímpica, em Barcelona (1989-92) foi o primeiro projeto de Ghery utilizando uma ferramenta CAD/CAM (Slessor, 2010).

“If they can build airplanes paperless, I think buildings can be built paperless.”
(Frank Ghery, 2009)

O *software* utilizado foi o CATIA, que permite através da digitalização de pontos, extremidades e intersecções de um objeto tridimensional (maqueta) gerar a forma geométrica e a sua manipulação, facilitando o controlo e a análise de dados por parte do arquiteto (Slessor, 2010).



Fig.25- Frank Gehry, Museu Guggenheim de Bilbao (<http://de.Phaidon.com>)

O Museu Guggenheim de Bilbao, Espanha (1991-97), está localizado próximo da margem do Rio Nervión, marcando forte presença na sua envolvente, num forte contexto urbano industrial, apresenta um programa ambicioso e funciona como um ícone convidativo para o sector empresarial e para a cidade.

O edifício é composto pelo seu exterior, por placas finas de titânio, que lhe confere a aparência de uma superfície maleável dando-lhe uma textura metálica, reflectindo as alterações do tempo e climatéricas, é também composto por vidro, permitindo a entrada de luz de forma difusa, resultado das paredes inclinadas e das sombras criadas, devido à variedade de formas, a pedra calcária é o limite entre o construído, o elemento água e a cidade. Esta composição material, reflete o edifício de referência existente em si. No seu interior, apesar da complexidade das formas, a planta é simples, apresenta várias galerias de diferentes tamanhos e configurações, distribuídas por três pisos, à volta do átrio para que o seu percurso em torno do edifício seja lógico, este percurso é ligado por passadiços, escadas e pelos elevadores em vidro (Pagnotta 2013).

A complexidade das formas idealizadas por Ghery, foram projetadas através do *software* CATIA, sendo este o primeiro edifício com grande utilização da ferramenta, para que o conceito conseguisse ser fielmente traduzido e permitisse a sua planificação e construção de forma mais fácil. O computador permitiu a Ghery uma nova abordagem à criação de forma e espaço que só seria possível com a evolução tecnológica. O carácter único deste edifício



Fig.26- Frank Ghery, Museu Guggenheim de Bilbao (<http://de.Phaidon.com>)



Fig.27- Frank Ghery, Museu Guggenheim de Bilbao (<http://de.Phaidon.com>)

desafia as noções do modernismo, onde é igualmente fácil e económica a criação de elementos repetitivos sem estes estarem alinhados ou organizados no espaço. Este paradigma só é possível devido à influência e capacidade das ferramentas digitais (Slessor, 2010)

O edifício é suficientemente flexível, e preparado para receber várias propostas de arte contemporânea. A sua materialidade e a sua forma única conferem-lhe o enquadramento necessário e pretendido para ser uma referência arquitectónica (Pagnotta 2013).

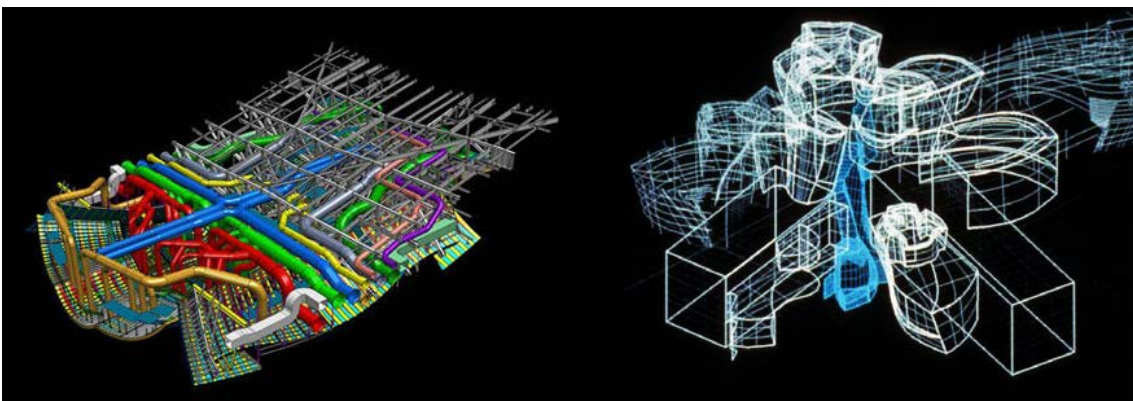


Fig.28- Software de Ghery Technologies (<http://dariopompei.altervista.org/>)

Ghery desenvolveu o seu próprio *software* chamado *Digital Project*, apoiado nas bases já conhecidas do CATIA permite aos arquitetos e aos engenheiros a introdução da forma tridimensional criada no local de implantação, com todos os elementos respetivos às várias engenharias, permitindo assim uma simulação muito próxima da realidade, mostrando como a simples alteração de um elemento ou de materiais afetam toda a proposta final (Slessor, 2010).

No sector da construção, a diferença entre aquilo que o arquiteto desenha e aquilo que o empreiteiro constrói, pode ser decisivo num projecto, podendo mesmo conduzi-lo à ruína, a atrasos no prazo da construção ou ao aumento do orçamento previamente estipulado (entre 5% a 10 %). Em 2002 cria a *Ghery Technologies* com o intuito de desenvolver e vender o *software*, além de dar formação sobre a ferramenta (Appelbaum, 2009).

Achim Menges – Pavilhão ICD/ITKE 2011

Achim Menges, Arquiteto Alemão, nascido em 1975, é Professor Arquiteto na Universidade de Estugarda onde criou e é director do *Instituto de Design Computacional (ICD-Institute of Computational Design)* desde 2008. As suas pesquisas e práticas arquitectónicas abordam a relação entre os processos de design, o design computacional morfogenético, o design paramétrico, a engenharia biomimética e a fabricação mecânica computacional (CAM-*Computational Aided Manufacturing*) o que permite a performance altamente articulada com o ambiente construído. O seu trabalho é apoiado na colaboração entre os engenheiros, informáticos, biólogos e investigadores de materiais. (Greenberg, 2013)



Fig.29- Achim Menges
(<http://3dprint.com/wp-content/uploads/2014/12/Achim-Menges.jpg>)

Em 2010 o ICD e o “*Institute of Building Structures and Structural Designs*” desenvolveram um pavilhão temporário fruto de um trabalho de pesquisa Universitário. Este trabalho reflecte a evolução e os desenvolvimentos ocorridos na área da computação, na exploração das capacidades dos *softwares* de simulação em conjunto com a exploração material e os processos de fabricação. O resultado foi uma estrutura curva extremamente fina, constituída por placas de madeira contraplacada (Universitat de Stuttgart, 2010).



Fig.30- ICD/ITKE
(<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=4458>)



Fig.31- ICD/ITKE
(<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=4458>)

Os materiais de construção normalmente são resultado de um sistema de pressão ou descompressão, interna ou externa, sendo que a sua forma física é determinada pelas pressões. No entanto, na Arquitetura os processos de desenho digital, raramente são capazes de reflectir este tipo de relações. No Mundo real (físico) a forma material está sempre ligada às forças externas, enquanto que no Mundo Computacional, a forma e as forças são tratadas como elementos separados, que são posteriormente convertidos através dos processos de criação de formas geométricas generativas e é executada uma simulação dos materiais de acordo com as características específicas (Universitat de Stuttgart, 2010).

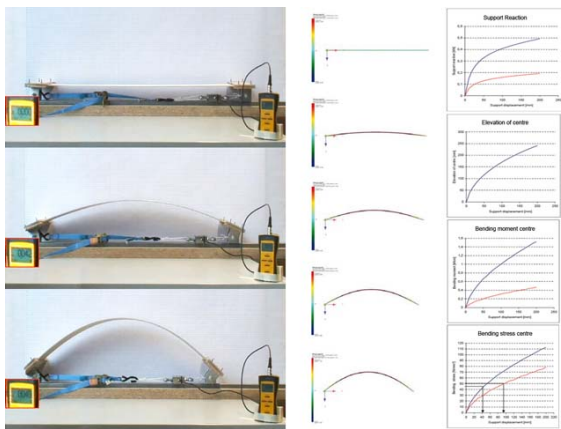


Fig.32- ICD/ITKE (<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=4458>)

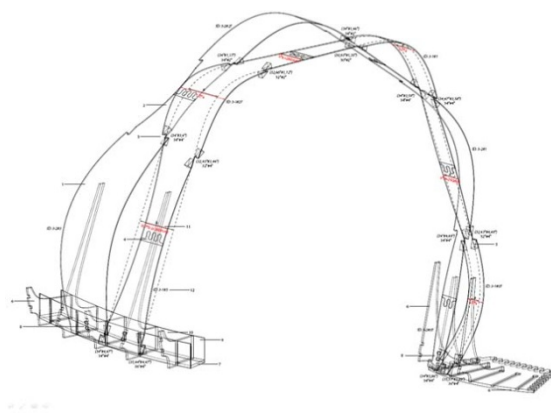


Fig.33- ICD/ITKE (<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=4458>)

A geração de forma, através da computação, é directamente criada e conduzida pelo comportamento físico das características dos materiais. A estrutura é completamente baseada no comportamento elástico da madeira contraplacada. As placas são produzidas como elementos planos e de seguida ligadas entre si para que a tensão e a elasticidade se distribua por todo o comprimento da peça. A força localizada em cada zona de dobragem da peça, é mantida sobre tensão, estabelecendo a ligação à peça correspondente seguinte, aumentando a capacidade estrutural do conjunto. No sentido de evitar sobrecarga em determinados pontos de dobragem, os pontos das conexões das peças tiveram de ser alterados ao longo da estrutura. Isto resultou em 80 tipos diferentes de peças, construídas a partir de mais de 500 peças únicas. A combinação entre energia acumulada resultante da elasticidade da curvatura e a diferenciação morfológica da localização das

uniões permite uma estrutura bastante leve, com um diâmetro de mais de 12 metros e composta por peças dobradas de madeira contraplacada.



Fig.34- Explicação do sistema de tensão (<http://www.iaacblog.com/maa2012-2013-surface-active-structures/2013/04/icditke-research-pavilion-2010/>)

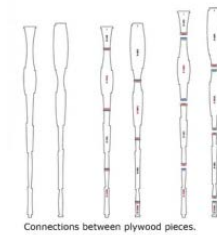


Fig.35- Fabricação das placas de madeira contraplacada (<http://www.iaacblog.com/maa2012-2013-surface-active-structures/2013/04/icditke-research-pavilion-2010/>)

O modelo computacional é baseado nas características dos materiais de acordo com os princípios paramétricos. Esta dependência paramétrica foi baseada em várias experiências para calcular a elasticidade das tiras de madeira contraplacada. Foram usadas 6400 linhas de código, para fornecer informações geométricas à análise de dados da estrutura, para a sua fabricação num robô industrial de 6 braços (Universitat de Stuttgart, 2010).



Fig.36- Fabricação das placas de madeira contraplacada (<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=4458>)

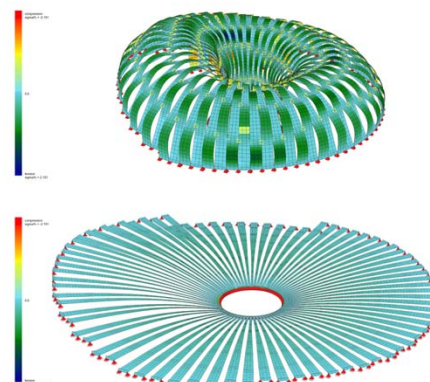


Fig.37- Esquema estrutural (<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=4458>)

O modelo de análise estrutural é baseado numa simulação FEM (Finite Elements Multi-physics). Os cálculos são baseados numa malha específica, que inclui as características do protótipo construído, permitindo compreender as dobragens que ocorrem devido à tensão do material e a influência de dados externos, como a neve e o vento.



Fig.38- ICD/ITKE (http://icd.uni-stuttgart.de/?p=4458)



Fig.39 - ICD/ITKE (http://icd.uni-stuttgart.de/?p=4458)

Comparando os processos de *design* generativo com a simulação FEM, com os materiais utilizados, foi possível concluir que a sua construção era possível e a utilização dos materiais era viável (Universitat de Sttugart, 2010).



Fig.40- Pormenor das placas de madeira contraplacadas (http://icd.uni-stuttgart.de/?p=4458)

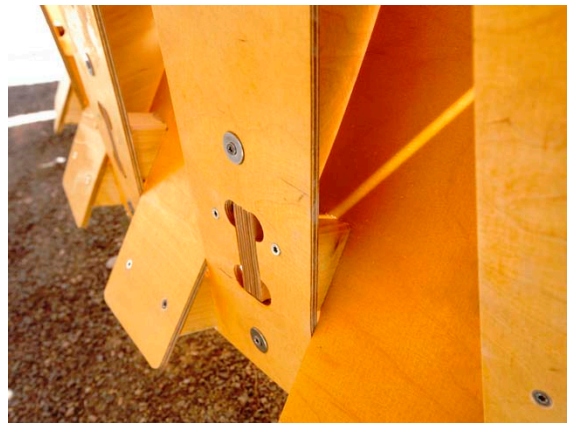


Fig.41- Pormenor das uniões (http://icd.uni-stuttgart.de/?p=4458)

A computação e o cálculo estão a ter a sua importância na Arquitetura, levando-a a um outro nível, onde o processo de desenho vai ter influência no projeto final através do comportamento característico dos materiais e por sua vez irá acontecer o inverso, os materiais vão ser capazes de receber

informação do ambiente influenciando o seu comportamento natural (Universitat de Sttugart, 2010).

Antoni Gaudi – Mark Burry – La Sagrada Família

A famosa Igreja da cidade de Barcelona, considerada um ícone, pela sua magnífica obra apesar de inacabada. A construção da Sagrada Família começou no ano de 1882 pelo arquiteto Francisco Paula del Villar (1828 – 1901) que em 1883 encomendou a continuação do trabalho a Antoni Gaudi, que sempre se dedicou à sua construção, até à data do seu falecimento em 1926. (Basílica de La Sagrada Família, (s/d))



Fig.42- Antoni Gaudi
(<http://www.casabatillo.es/wp-content/uploads/1926/06/antoni-gaudi-cornet.jpg>)

Gaudi manteve a cruz latina do projeto de Villar, típico das catedrais Goticas. Desenvolveu também colunas angulares e abobadas hiperbolóides para eliminar a necessidade dos arcos botantes, transferindo as cargas paraas colunas interiores. O arquiteto utilizou de forma regrada, formas complexas (hiperbolóides, parábolas, helicóides, e conóides) que possibilitam a melhoria acústica e a qualidade da luz, alem de aumentar a leveza da estrutura e a diminuir sua espessura. Para conseguir desenvolver o projeto, o arquiteto usou varias maquetes de gesso, uma delas da nave principal (1:10), que lhe permitiu desenvolver os pilares e os restantes componentes estruturais. O simbolismo religioso está sempre presente na obra de Gaudi (Jones, 2013).

“I will grow old but others will come after me. What must always be conserved is the spirit of the work, but its life has to depend on the generations it is handed down to and with whom lives and is encarnated.” (Gaudi)

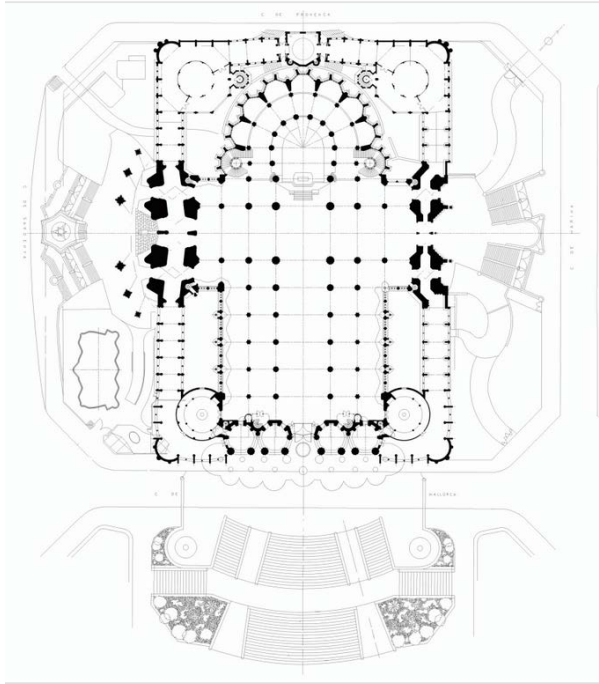


Fig.43- Planta Piso 0
(<http://www.archdaily.com/438992/ad-classics-la-sagrada-familia-antoni-gaudi/>)

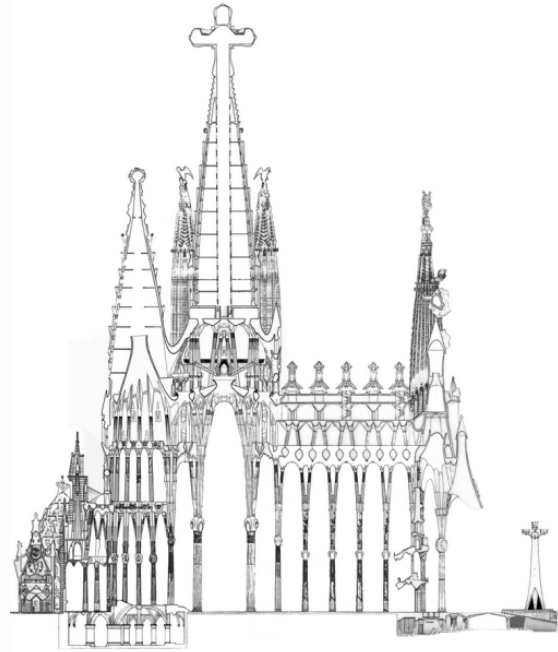


Fig.44- Corte Longitudinal
(<http://www.archdaily.com/438992/ad-classics-la-sagrada-familia-antoni-gaudi/>)

Jordi Bonet, filho de um arquiteto que ajudou Gaudi foi apresentado à Sagrada Família com 7 anos de idade, liderou as construções da Catedral durante 30 anos, assistindo ainda a algumas palestras de Gaudi , sobre o projeto (Cilento, 2010).



Fig.45- Sagrada Família 1925
(<http://www.archdaily.com/438992/ad-classics-la-sagrada-familia-antoni-gaudi/>)

Durante a guerra civil Espanhola muitos dos desenhos e maquetes de Gaudi foram destruídos, passando o arquiteto a fazer parte do processo de restauro da Catedral (Fitzpatrick, 2011).

Mark Burry, enquanto estudante da Universidade de Cambridge, nos anos 70, desenvolveu a sua tese final relativa à obra de Gaudi – La Sagrada Família. Quando falou com os directores encarregues dos trabalhos de recuperação da Catedral, foi convidado como Arquiteto Investigador, e explicaram-lhe como usar as formas geométricas e Gaudi. Devido à inexistência de alguns desenhos, Burry teve de desenhar, segundo o processo inverso, através das maquetas



Fig.46- M. Burry e maquete de estrutura (<http://futuretraditions.arq.up.pt/prof-mark-burry/>)

e de forma manual na altura.

A partir de 1989 Burry introduziu as tecnologias digitais no processo de projeto, conseguindo desenvolver muito mais rápido os problemas estruturais e acelerando o ritmo de trabalho da construção. Os sistemas CAD usados pela maioria dos arquitetos na altura não tinham

capacidade para lidar com a complexidade geométrica da Sagrada Família, daí a sua opção em optar por um *software* de aeronáutica (CATIA) (Fitzpatrick, 2011).

Atualmente, Burry lidera a equipa de Engenheiros, Arquitetos e Construtores responsáveis pela finalização do trabalho. Mais uma prova de que as tecnologias têm grande influência sobre a forma de trabalho e nos processos de Arquitetura é o fato de Mark Burry ser Australiano, e viver em Melbourne, apesar da distância, acompanha os desenvolvimentos dos trabalhos através de uma ligação de vídeo de alta qualidade, do outro lado do Mundo, permitindo assim estar próximo de todas as decisões tomadas (Fitzpatrick, 2011).

Atualmente, Burry lidera a equipa de Engenheiros, Arquitetos e Construtores responsáveis pela finalização do trabalho. Mais uma prova de que as tecnologias têm grande influência sobre a forma de trabalho e nos processos de Arquitetura é o fato de Mark Burry ser Australiano, e viver em Melbourne, apesar da distância, acompanha os desenvolvimentos dos trabalhos através de uma ligação de vídeo de alta qualidade, do outro lado do Mundo, permitindo assim estar próximo de todas as decisões tomadas (Fitzpatrick, 2011).

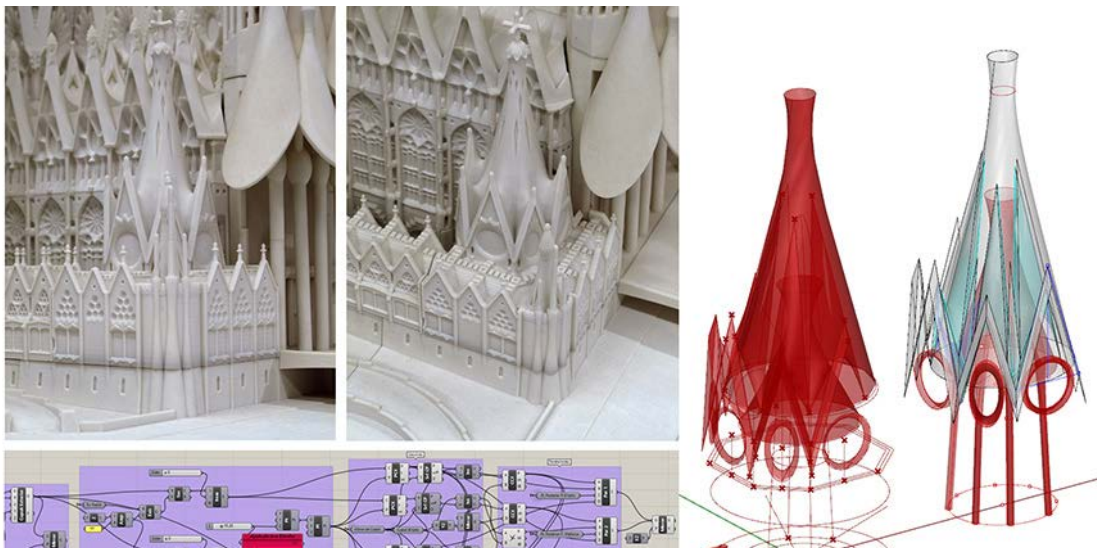


Fig.47- Estrutura em Rhinoceros (<http://www.algomad.org/algomad-2013/>)

Para Burry, os *softwares* (CATIA, Rhinoceros, Cadd5, CAM), a impressão 3D e a robotização de algumas tarefas, não tornam o trabalho melhor, mas sim, mais rápido e com custos reduzidos. Para ele uma das razões para esta obra ser tão fascinante é que a Arquitetura de Gaudi tem “um apelo Universal que transcende qualquer estilo ou forma”, o seu génio reside na mudança de paradigma, desenhando uma Igreja segundo a tradição Gótica, mas resolvendo os seus problemas arquitectónicos segundo novas técnicas de projectar (Fitzpatrick, 2011)

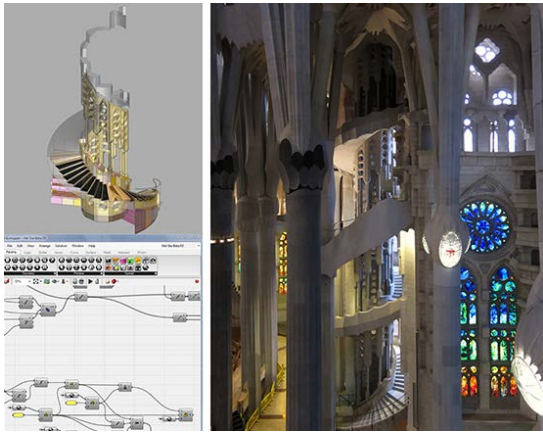


Fig.48- Modelo de escadas em Rhinoceros (<http://www.algomad.org/algomad-2013/>)

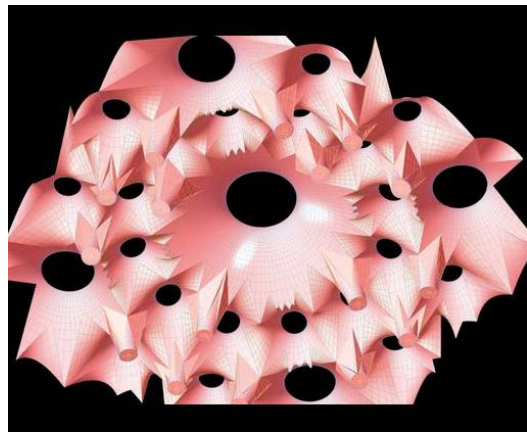


Fig.49- Modelo estrutural em Rhinoceros (<http://www.architectural-review.com/gaudis-sacred-monster-sagrada-familia-barcelona-catalonia/8633438.article/>)

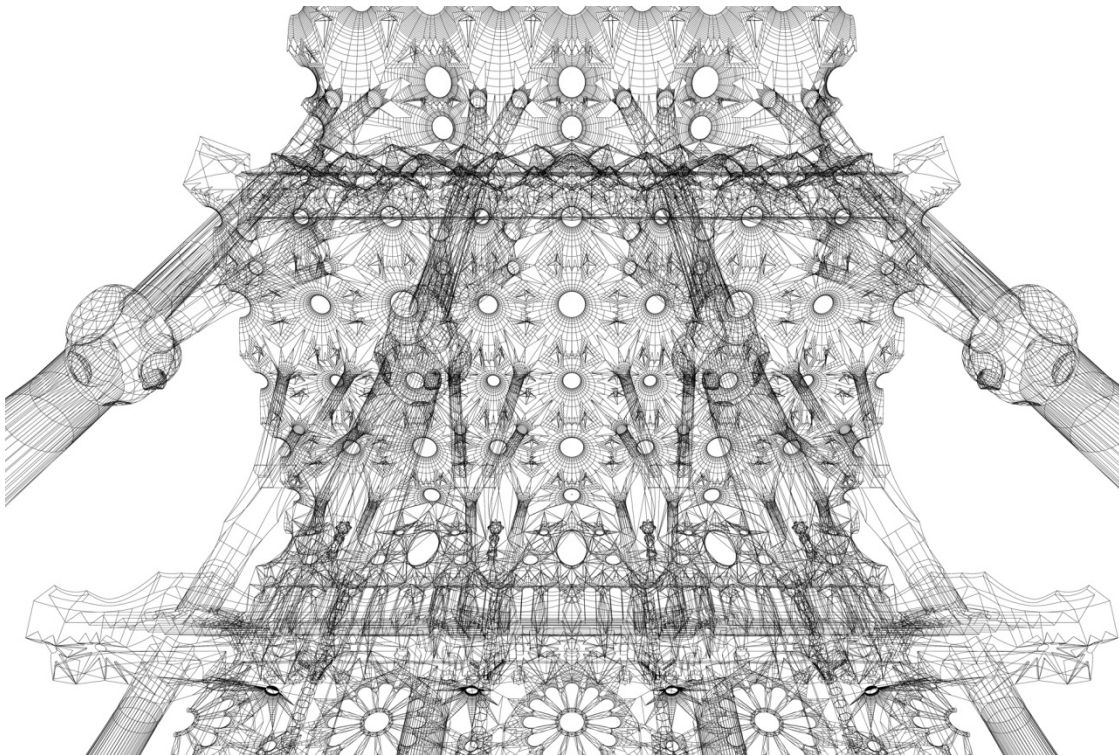


Fig.50- Perspectiva estrutural da Nave (<http://www.architectural-review.com/gaudis-sacred-monster-sagrada-familia-barcelona-catalonia/8633438.article/>)



Fig.51- Vista aérea S. Família
(<http://www.archdaily.com/438992/ad-classics-la-sagrada-familia-antoni-gaudi/>)



Fig.52- Perspectiva do teto das Naves
(<http://www.archdaily.com/438992/ad-classics-la-sagrada-familia-antoni-gaudi/>)



Fig.53- Perspectiva da cúpula
(<http://www.algomad.org/algomad-2013/>)

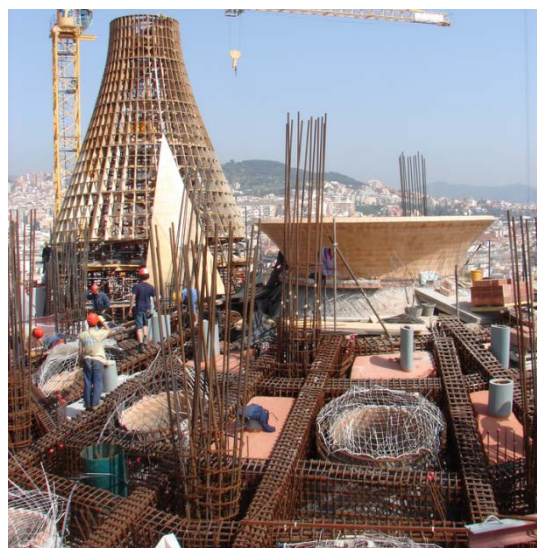


Fig.54- Modelo de escadas em Rhinoceros
(<http://www.algomad.org/algomad-2013/>)

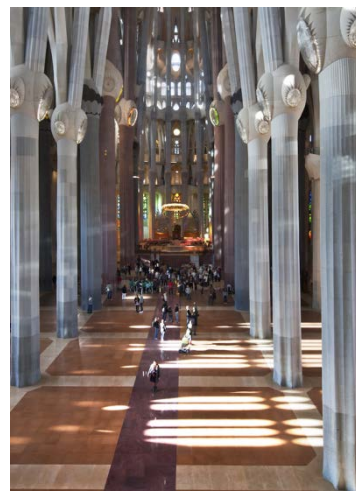


Fig.55- Nave; Vitrais; Sequência de Pilares (<http://www.archdaily.com/438992/ad-classics-la-sagrada-familia-antoni-gaudi/>)

Conclusão

A presente dissertação aborda a influência das ferramentas digitais na sociedade como também no pensamento do arquiteto.

Analisando a evolução das novas tecnologias, constatou-se que o Homem sempre usou ferramentas de acordo com a época em que se encontrava, de modo a tentar exprimir as suas ideias e vontades, e que muitas das tecnologias das gerações anteriores são a base da tecnologia que usamos atualmente, e provavelmente a tecnologia atual será a base do futuro.

Porém, esta evolução não significa o desaparecimento de métodos já há muito praticados, uma vez que para o arquiteto o desenho manual não vai deixar de ser uma ferramenta essencial para se conseguir exprimir, visto que está mais próxima do seu pensamento.

Com a realização desta dissertação foi possível concluir que na Arquitetura Moderna assistimos a uma mudança de mentalidade, face ao contexto social e às alterações impulsionadas pela industrialização, onde uma vez mais a evolução tecnológica teve um papel de relevo nessa mudança.

Esta nova mentalidade fez com que o arquiteto acompanhasse tais mudanças, que originaram a procura da perfeição geométrica e a simplicidade das formas, sem nunca esquecer a relação da Arquitetura com a arte, dando mais atenção a certos pormenores como o detalhe.

A ornamentação praticamente excluída pelo modernismo acaba por ser abordada de uma outra forma, através do detalhe, dando um outro significado à expressividade do arquiteto. Com a introdução das ferramentas digitais, o detalhe é visto como algo de relevo, levando a Arquitetura a um outro estatuto, como algo sensorial e esteticamente mais apelativo, permitindo um maior controlo sobre texturas, materiais e padrões, influenciando a forma como o espaço é percecionado.

Essas ferramentas revelaram ao longo do tempo, ser essenciais para o arquiteto, permitindo-lhe uma maior liberdade criativa e maior rapidez na execução das tarefas, contudo, as suas vantagens não se limitam apenas à sua execução técnica, fazendo parte de uma entidade social e cultural representativa de uma época, que por sua vez figura uma Arquitetura. No

entanto, as ferramentas digitais podem ainda funcionar de forma inversa, limitando a sua forma de pensar, competindo ao arquiteto não permitir que isso aconteça.

No que concerne à parte prática deste trabalho, constatou-se que o museu Guggenheim de Bilbao significou uma grande mudança na época da sua construção, devido ao método usado, possibilitando chegar à sua complexidade formal.

Relativamente ao segundo caso de estudo, verificou-se que a utilização de várias ferramentas como um processo conjunto, só trouxe vantagens para a produção de uma Arquitetura mais eficiente. Este dado foi comprovado através da análise de caso referente ao Pavilhão de Pesquisa ICD/ITKE, onde o arquiteto Achim Menges desenvolveu a articulação entre várias ferramentas, o que permitiu desta forma, que o pavilhão funcionasse como “um todo”, utilizando as características dos materiais como base para as características estruturais, revelando uma grande interação entre *softwares*, onde a simulação e análise de dados é essencial, de forma a permitir ao arquiteto manipular e fazer as suas escolhas segundo um modelo virtual.

Ao analisar o terceiro caso de estudo, La Sagrada Família, concluiu-se que, tal como Gaudi o fez enquanto trabalhou no projeto, recorrendo ao método de desenho, maquetes de estudo e através de um longo processo de tentativa e erro, este projeto é possível ser construído, sem o recurso das ferramentas digitais, independentemente do tempo que demore. Com a introdução das ferramentas digitais, por Mark Burry, o processo de construção sofreu um enorme avanço relativamente aos progressos anteriores.

Em jeito de conclusão, através das ferramentas digitais e da criação de um modelo virtual e da sua simulação, é perceptível a noção imediata de como será o projeto e detetar de forma mais eficaz, os possíveis erros que possam surgir ao longo do processo criativo. No entanto, apesar de atualmente existirem ferramentas que proporcionam um trabalho mais rápido e eficaz, não se deve perder a noção de certos aspectos importantes que remontam da antiguidade, como o desenho, uma vez que este era visto como uma forma de comunicar as ideias do arquiteto e isso, deve ser preservado visto que o desenho se torna uma ferramenta mais acessível em qualquer circunstância.

Bibliografia

- Barata, A., (2008), *Arquitetura e Design – Contributos de William Morris e Walter Gropius*, Instituto Politécnico do Porto, Porto, 2008;
- Batista L. (2009), *Processos Digitais (Arqa.)*, Maio, 2009;
- Botton, A., (2009), *A Arquitetura da Felicidade*, D. Quixote, 2009;
- Brell-Çokcan S., Braumann J., (2012), *Rob| Arch 2012 Robotic Fabrication in Architecture, Art, and Design*, Springer Wien New York, [ISSN:978-3 7091-1464-3];
- Carvalho, R., Savignon, A., (2012). *O Professor de Projeto de Arquitetura na Era Digital: Desafios e Perspetivas, Gestão e Tecnologia de Projectos* [ISSN:19811543], volume 6, Numero 2, [pp. 04-13];
- Corbusier, L., (2004), *Precisões*, Cosac & Naify, 2004
- Dodd, T., *A Informática*, Circulo de Leitores, Julho 1997;
- Englebart, D., (1962), *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework*, *Stanford Research Institute*, California, 1962;
- Garcia, M., (2009), *Patterns of Architecture, AD (Architectural Design)*, Novembro/ Dezembro 2009;
- Garcia, M., (2014), *Future Details of Architecture, AD (Architectural Design)*, Julho/ Agosto 2014;
- Jabi, W., (2004), *A Framework for Computer-Supported Collaboration in Architecture Design*, Universidade de Michigan, Michigan, 2004;
- Kotnik, T., (.). *Digital Architectural Design as Exploration of Computable Functions, Internacional Journal of Architectural Computing*, volume 8, capitulo 1;
- Lima, R., (2011/2012), *Processos Virtuais*, Universidade Lusíada do Porto, Porto, 2012;
- Marble, P., (2012) Washington, *Digital Workflows in Architecture – Design – Assembly - Industry*, Birkhauser, Basel;
- Mateus R. (2004). *Novas tecnologias construtivas com vista à Sustentabilidade da Construção*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho;

- Pearson, M., (2011) USA, *Generative Art*, Manning Publications Co, 2011;
- Ramos F. (2011), *O desenho e a arquitetura em Leon Battista Alberti e Giorgio Vasari*;
- Rasmussen, S., (2007), *Viver a Arquitetura*, Caleidoscópio;
- Santiago, P., (s/d). *A obra nasce 07: Refletir (n) o Café Rialto*. 15-25;
- Schumacher, P., (2006) Londres, *Arguing for Elegance*, *AD (Architectural Design)*, Janeiro/ Fevereiro 2007;.
- Schumacher, P., (2007) Beijing, *Interview: Patrik Schumacher, MAD Dinner*, Nova York, 2007;
- Schumacher, P., (2008) Londres, *Digital Cities*, *AD (Architectural Design)*, Julho/ Agosto 2009;
- Schumacher, P., (2008) Londres, *Parametricism as Style – Parametricist Manifesto*, *11th Architecture Biennale, Venice*, 2008;
- Schumacher, P., (2014) Londres, *The Autopoiesis of Architecture – A New Framework for Architecture*, Wiley, 2011;
- Schumacher, P., (2014) Londres, *The Instrumentality of Appearances in the Pursuit of a Legible Order*, *GA (Global Architecture)*, Tokyo, 2014;
- Shaban, R., (2010), *A Digital Future and how computer will change architecture*, 2010;
- Sharnitz, A., (2009), *LOOS*, Taschen, 2009;
- Simmel, G., (2010), *A estética e a Cidade*, Imprensa da Universidade de Coimbra, Julho 2010;
- Spiller, N., (2013), *Drawing Architecture*, *AD (Architectural Design)*, Setembro/ Outubro 2013;
- Vitrúvio, Marco L. (1986). "Los diez libros de arquitectura"- Obras Mestras, Barcelona, Espanha;
- Weiseber, D., (2008), *A Brief Overview of History of CAD*. "Teaching by Doing: A Research Pavilion in Stuttgart"(2010), *Detail* [em linha]. Disponível em <<http://www.detail-online.com/architecture/topics/teaching-by-doing-a-research-pavilion-in-stuttgart-007367.html>> [consultado em 26/2/2015];

- “Achim Menges – Biography” (2015), [em linha]. Disponível em
<<http://www.egs.edu/faculty/achim-menges/biography/>> [consultado em
26/2/2015];
- “Prof Mark Burry (Keynote)”. (2013), Future Traditions [em linha]. Disponível em
<<http://futuretraditions.arq.up.pt/prof-mark-burry/>> [consultado em
26/2/2015];
- A Critical History of Computer Graphics and Animation, (2003).Section 10:
CAD/CAM/CADD/CAE. [em linha]. Disponível em
<<http://design.osu.edu/carlson/history/lesson10.html>> [consultado em
19/1/2014];
- AJ, (2013). Schumacher: “Parametricism the only movement for the digital age”.
[em linha]. Disponível em
<[http://www.architectsjournal.co.uk/news/schumacher-parametricism-
the-only-movement-for-the-digital-age/8654696.article](http://www.architectsjournal.co.uk/news/schumacher-parametricism-the-only-movement-for-the-digital-age/8654696.article)> [consultado em
19/1/2014];
- Appelbaum A. (2009). New York Times [em linha]. Disponível em
<[http://www.nytimes.com/2009/02/11/business/11gehry.html?pagewant
d=all&_r=2&](http://www.nytimes.com/2009/02/11/business/11gehry.html?pagewanted=all&_r=2&)> [consultado em 15/2/2015];
- AR (2015). Architecture and the Computer: A Contested History [em linha].
Disponível em <[http://www.architectural-review.com/essays/architecture
and-the-computer-a-contested-history/8678167.article?referrer=RSS/](http://www.architectural-review.com/essays/architecture-and-the-computer-a-contested-history/8678167.article?referrer=RSS/)>
[consultado em 13/2/2015];
- ArchDaily, (2012). A Brief History of BIM/ Michael S. Bergin. [em linha].
Disponível em <<http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim/>>
[consultado em 19/1/2013];
- ArchDaily, (2013). Honrando os Pioneiros da Arquitetura Digital. [em linha].
Disponível em <[http://www.archdaily.com.br/br/01-148781/honrando-os
pioneiros-da-Arquitetura-digital](http://www.archdaily.com.br/br/01-148781/honrando-os-pioneiros-da-Arquitetura-digital)> [consultado em 9/12/2013];
- ArchDaily, (2014). Video: Sheppard Robson Underlines Importance of Hand
Sketching. [em linha]. Disponível em
<<http://www.archdaily.com/542589/video-sheppard-robson-underlines>

importance-of-hand-sketching/> [consultado em 9/9/2014];

Architect, (2014). Takeways from ACADIA 2014. [em linha]. Disponível em <http://www.architectmagazine.com/Technology/overheard-at-acadia-the-future-of-architecture-design-and-fabrication-is-in-computers_o.aspx?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.facebook.co%2F> [consultado em 13/11/2014];

Architizer, (2014). A History of Technology in the Architecture Office. [em linha]. Disponível em <<http://architizer.com/blog/a-history-of-technology-in-the-architecture-office/>> [consultado em 15/12/2014];

Architizer, (2014). Are Robots the Future of Architecture? [em linha]. Disponível em <<http://architizer.com/blog/robots/>> [consultado em 13/11/2014];

Arqa. (2013). Processos Digitais. [em linha]. Disponível em <<http://www.revarqa.com/content/1/1231/processos-digitais/>> [consultado em 9/12/2013];

aU, (2009). Impacto das tecnologias de fabricação digital nos processos de design. [em linha]. Disponível em <<http://au.pini.com.br/Arquitetura-urbanismo/183/o-impacto-das-tecnologias-de-fabricacao-digital-nos-processos-de-141180-1.aspx>> [consultado em 23/12/2014];

Burry M., (2012), "Video Release – Liquid Stone: Unlocking Gaudí's Secrets". [em linha]. Disponível em <<http://mcburry.net/2012/01/23/412/>> [consultado em 26/2/2015];

CADazz, (2004). CAD software – history of CAD CAM. [em linha]. Disponível em <<http://www.cadazz.com/cad-software-history-2000-2004.htm>> [consultado em 19/1/2014];

Cilento, K. (2010), "Pushing La Sagrada Família Forward". ArchDaily [em linha]. Disponível em <<http://www.archdaily.com/87409/pushing-la-sagrada-familia-forward/>> [consultado em 26/2/2015];

Cohn D., (2012), "Gaudi's Sacred Monster: Sagrada Família, Barcelona, Catalonia" [em linha]. Disponível em <<http://www.architectural-review.com/gaudis-sacred-monster-sagrada-familia-barcelona>>

catalonia/8633438.article> [consultado em 26/2/2015];

Daniel Davies, (2013). A History of Parametric. [em linha]. Disponível em <<http://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/>> [consultado em 19/1/2014];

Domus (2014). The archeological of the Digital [em linha]. Disponível em <http://www.domusweb.it/en/news/2014/12/13/archaeology_of_the_digital_media_and_machines.html> [consultado em 13/2/2015];

Domus, (2014). Archaeology of the Digital [em linha]. Disponível em <<http://www.metropolismag.com/November-2014/Three-Forms-of-Invisible-Architecture/>> [consultado em 17/12/2014];

Fitzpatrick L., (2011), "The Gaudi code". [em linha]. Disponível em <<http://www.barcelona-metropolitan.com/living/life-in-barcelona-the-gaudi-code/>> [consultado em 26/2/2015];

Frank Gehry Architect (2009). Frank Gehry Architect [em linha]. Disponível em <<http://pastexhibitions.guggenheim.org/gehry/exhibition.html>> [consultado em 15/2/2015];

GrabCAD, (2013). The Hardware Timeline of CAD. [em linha]. Disponível em <<http://blog.grabcad.com/blog/2013/06/13/the-hardware-of-cad/>> [consultado em 20/1/2014];

Graphisoft (2015). Open BIM [em linha]. Disponível em <http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/about_bim/> [consultado em 15/2/2015];

Guggenheim Bilbao [em linha]. Disponível em <<http://guggenheim-bilbao.es/el-edificio/el-arquitecto/>> [consultado em 26/2/2015];

Jones R., (2013), "AD Classics: La Sagrada Familia / Antoni Gaudí". ArchDaily [em linha]. Disponível em <<http://guggenheim-bilbao.es/el-edificio/el-arquitecto/>> [consultado em 26/2/2015];

Leslie H., (2013), "Here's How Sagrada Familia Will Look When It's Finally Done In 2026"[em linha]. Disponível em <<http://gizmodo.com/heres-how-sagrada-familia-will-look-when-its-finally-1400455342>> [consultado em

26/2/2015];

Metropolis, (2014). Three Forms of Invisible Architecture [em linha]. Disponível em <<http://www.metropolismag.com/November-2014/Three-Forms-of-Invisible-Architecture/>> [consultado em 15/12/2014];

Phaidon (2012). Buildings that change the world – The Guggenheim Museum, Bilbao [em linha]. Disponível em <<http://de.phaidon.com/agenda/architecture/articles/2012/november/23/buildings-that-changed-the-world-the-guggenheim-museum-bilbao/>> [consultado em 26/2/2015];

Skordalou, M. (2013), "ICD/ITKE research pavilion 2010". [em linha]. Disponível em <<http://www.iaacblog.com/maa2012-2013-surface-active-structures/2013/04/icditke-research-pavilion-2010/>> [consultado em 26/2/2015];

Slessor C. (2010). 1997 December: Guggenheim Museum by Frank O. Gehry & Associates (Bilbao, Spain) [em linha]. Disponível em <<http://www.architectural-review.com/1997-december-guggenheim-museum-by-frank-o-gehry-and-associates-bilbao-spain/8603272.article>> [consultado em 26/2/2015];

Stylepark, (2014), Industrial design in the postindustrial age, [em linha]. Disponível em <<http://www.stylepark.com/en/news/industrial-design-in-the-postindustrial-age/353914>> [consultado em 27/12/2014];

Stylepark, (2014), The Dictionary of Digital Fabrication, [em linha]. Disponível em <<http://www.stylepark.com/en/news/the-dictionary-of-digital-fabrication/354339>> [consultado em 27/12/2014];

The economist (2015). From blueprint to database [em linha]. Disponível em <<http://www.economist.com/node/11482536/>> [consultado em 13/2/2015];

Videos theorizing architecture, (2014). Parametric Order-21st Century Architectural Order. [em linha]. Disponível em <http://www.patrikschumacher.com/Videos/vid_27.html> [consultado em 11/7/2014];

- Wallpaper, (2013), Parametricism. [em linha]. Disponível em
<<http://www.wallpaper.com/architecture/parametricism-film-by-patrik-schumacher-and-rosey-chan/6905>> [consultado em 9/12/2013];
- Youtube, (2014). Achim Menges: Rethinking Materiality Through Computation in Architecture [em linha]. Disponível em
<https://www.youtube.com/watch?v=PbgArau_4vI> [consultado em 13/12/2014];
- Youtube, (2014). Algorithm: The Hacker Movie. [em linha]. Disponível em
<<https://www.youtube.com/watch?v=6qpudAhYhpc>> [consultado em 13/12/2014];
- Youtube, (2014). Gilles Deleuze on Cinema- What is the Creative Act? (1987). [em linha]. Disponível em
<<https://www.youtube.com/watch?v=7DskjRer95s>> [consultado em 13/12/2014].