

FILIPA FÉLIX DA SILVA CAIO

**DISPOSITIVOS DE ILUMINAÇÃO NATURAL: A SUA
EVOLUÇÃO NA ARQUITECTURA**

Orientador: Prof. Doutor Arquitecto António Santa-Rita

**Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Escola de Comunicação, Arquitectura, Artes e Tecnologias da Informação**

Lisboa

2011

FILIPA FÉLIX DA SILVA CAIO

**DISPOSITIVOS DE ILUMINAÇÃO NATURAL: A SUA
EVOLUÇÃO NA ARQUITECTURA**

Dissertação apresentada para a obtenção do
Grau de Mestre em Arquitectura no Curso de
Mestrado Integrado em Arquitectura,
conferido pela Universidade Lusófona de
Humanidades e Tecnologias.

Orientador: Prof. Doutor Arquitecto António
Santa-Rita

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Escola de Comunicação, Arquitectura, Artes e Tecnologias da Informação

Lisboa

2011

Epígrafe

O desenho da Janela

“A consideração da janela na linguagem arquitectónica implica reconhecer uma ambiguidade essencial: a janela deve inserir-se ordenadamente no plano da parede, mas também relacionar-se com a imagem vista através dela, ressaltando a tridimensionalidade. Ver janela ou ver pela janela são alternativas que se colocam tanto ao observador interno ao edifício quanto ao externo. Texto de dupla-face, o desenho da janela versa sobre o relacionamento desses dois lados. Tais características configuram uma poética da janela, ação criadora do olhar do arquiteto e fundamental para delimitar o campo de significação da janela.” (Jorge, 1995, contra capa)

“Light determines our perception of architecture. It enables us to appreciate the diverse qualities of the spaces: size, geometric shape, texture, colour... It is perhaps the element with greatest influence over the atmosphere of a place. The correct illumination intensifies the poetic and emotional impact of a project.” (Vergés, 2007, p.9)

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Arquitecto António Santa-Rita, por toda a disponibilidade e ajuda na orientação deste trabalho. E a todos os que me acompanharam e ajudaram neste percurso.

Muito Obrigada!

Resumo

Este estudo apresenta uma perspectiva da 'janela', como o dispositivo mais frequente de iluminação, na sua evolução e significado na arquitectura. A sua capacidade de caracterizar tendências e estilos arquitectónicos, permanece desde as primeiras referências históricas até aos elementos desenvolvidos e associados à iluminação natural dos dias de hoje.

O interesse por este tema surgiu, principalmente, por ser o elemento arquitectónico que desde sempre permitiu a entrada de luz natural nas construções. Foi sempre um dos pontos de ligação e relação do interior com o exterior. Em determinadas situações tornou-se num elemento tão discreto, que nos passou despercebido, além de ter sido ocasionalmente desvalorizado.

A janela ou dispositivo de iluminação natural, quando utilizado correctamente pode trazer muitos benefícios à arquitectura, assim como proporcionar conforto térmico sem necessidade de gastos energéticos excessivos.

Palavras-Chave: Janela, Iluminação Natural, Evolução, Arquitectura

Abstract

This study presents an overview of the 'window', as the most common lighting device, in its evolution and meaning in architecture. Its ability to characterize trends and architectural styles remains from the earliest historical references to the elements associated with the developed and natural light of today.

The interest in this subject arose mainly because it is the architectural element that has always allowed the admission of natural light in buildings. It has always been one of the points of connection and relationship between the interior and exterior. In certain situations has become an element so discreet that became unnoticed, and has occasionally been devalued.

The window or natural light device, when used correctly can bring many benefits to the architecture as well as provide thermal comfort without excessive energy expenditure.

Key-Words: Window, Natural Lighting, Evolution, Architecture

Índice

Epígrafe	1
Agradecimentos	2
Resumo	3
Abstract	4
Introdução	11
CAPÍTULO I	14
1.1 A Janela na Arquitectura	14
1.1.1 Contexto Histórico	15
1.1.2 Funções, Estilos e Arquitecturas	23
1.1.2.1 Antiguidade: Egipto	23
1.1.2.2 Antiguidade Clássica: Grécia e Roma	24
1.1.2.3 Idade Média: Românico e Gótico	29
1.1.2.4 Idade Moderna: Renascimento	34
1.1.2.5 Idade Contemporânea: Neoclássico e Romântico	38
1.1.2.6 Século XX: Arquitectura do ferro e do vidro	41
1.2 Casos de Estudo: entre o século XIX e XX	45
1.2.1 Palácio da Pena – Romantismo em Portugal	45
1.2.2 Palácio de Cristal, Londres	52
1.2.3 Casa da Cascata, Frank Lloyd Wright	55
CAPÍTULO II	61
2.1 A Iluminação na Arquitectura	61
2.1.1 Iluminação Natural	62
2.1.2 Iluminação Artificial	64
2.2 Luz e Cor	65
2.3 Arquitectura da Janela: através do tempo	66
CAPÍTULO III	75
3.1 Localização dos Dispositivos de Iluminação Natural	75
3.1.1 Janelas para Pátios (internas)	76
3.1.2 Luz Zenital e Lateral – Característica	77
3.1.3 Clarabóias	79
3.1.4 Dutos de Luz	80
3.1.5 Painéis Prismáticos	81
3.1.6 Laser Cut Panel (LCP)	83

3.1.7 Micro Lamelas Reflexivas com Protecção Solar	84
CAPÍTULO IV	85
4.1 Poupança de Energia e Conforto Térmico – RCCTE	85
4.1.1 Fachadas Envidraçadas	86
4.1.2 Comportamento do Vidro	88
4.1.3 Envolvente dos Edifícios – Perdas e Ganhos Térmicos	92
4.1.4 Ventilação Natural nos Edifícios	92
4.1.5 Enquadramento dos Vãos	94
Conclusão	96
Bibliografia	98
ANEXOS	i
Anexo 1 – O Regulamento das Características do Comportamento Térmico nos Edifícios (RCCTE)	ii

Índice de Quadros

Quadro 1 – Iluminâncias (em lux) para cada grupo de tarefas visuais.....	66
Quadro 2 – Refletância.....	67

Índice de Figuras

Fig.1 - Coventry Cathedral.....	17
Fig.2 - Bagsvaerd Church.....	17
Fig.3 - Capela de Nossa Senhora do Alto, Ronchamp.....	18
Fig.4 - Planta do Pártenon: 1. pronaos; 2. nãos ou cella; 3. localização da estátua de Atena Parteno; 4. opistódomos; 5. perístases.....	25
Fig.5 - Pártenon.....	25
Fig.6 - Panteão, Roma. Imagem interior e exterior	26
Fig.7 - Modelo de <i>Insula</i> . A. Entradas, B. Lojas, C. Pátio Central, T. Latrinas, L. Escadaria, S. Cenaculae.	27
Fig.8 - Pormenor de fachada de uma <i>Insula</i> em Óstia.....	27
Fig.9 - <i>Domus</i> Romana, planta e perspectiva: 1. Vestíbulo, 2. Átrio, 3. Impluvium, 4. Alas laterais do átrio, 5. Tablino (sala de estar), 6. Triclínio (sala de jantar), 7. Cozinha, 8. Quartos, 9. Lojas, 10. Peristilo.	28
Fig.10 - Coliseu, Roma Século I. Ruínas actuais e reconstituição	29
Fig.11 - Abadia de Cluny (Borgonha, séc.X).....	31
Fig.12 - Abadia de Fontenay (Borgonha, séc. XII).	31
Fig.13 - Catedral de Notre Dame.....	33
Fig.14 - Catedral de Winchester (Winchester, séc. XI-XVI).....	33
Fig.15 - Catedral de Canterbury (Canterbury, c. 1070)..	33
Fig.16 - Cúpula da catedral de Santa Maria dei Fiori, Filippo Brunelleschi (Florença, c. 1420)	35
Fig.17 - Alberti, <i>Palácio de Rucellai</i> , em Florença de 1446 - 1451	36
Fig.18 - Vignola, Igreja de Gesú, em Roma, 1568. Planta e Alçado	37
Fig.19 - Palácio de Versailles.	38
Fig.20 - Joseph Paxton, Palácio de Cristal, Londres 1850-51.....	41
Fig.21 - Palácio da Pena, Serra de Sintra, Portugal	46
Fig.22 - Arco da entrada.....	47
Fig.23 - Pórtico alegórico da criação do mundo.....	47
Fig.24 - Personagem híbrida do <i>Pórtico do Tritão</i>	47
Fig.25 - Planta do Palácio da Pena, piso inferior (...).	48
Fig.26 - Planta do Palácio da Pena, piso superior (...).	48
Fig.27 - <i>Pátio dos Arcos</i> , Palácio da Pena	49
Fig.28 - Palácio da Pena	49
Fig.29 - <i>Torre do Relógio</i> , Palácio da Pena	50

Fig.30 - Arco <i>neomourisco</i> , Palácio da Pena	50
Fig.31 - Azulejos de Wenceslau Cifka	50
Fig.32 - Vitral da nave central da Igreja do Palácio da Pena	51
Fig.33 - Primeiros rascunhos de Paxton	53
Fig.34 - Estrutura do Palácio de Cristal	53
Fig.35 - Peças padronizadas	54
Fig.36 - Interior do Palácio de Cristal.....	54
Fig.37 - Cascata antes da construção	55
Fig.38 - Estudos iniciais (não variaram muito do projecto final)	55
Fig.39 - Imagens da Casa da Cascata	56
Fig.40 - Imagens do interior da residência.....	56
Fig.41 - Esquema <i>Estrutura</i>	57
Fig.42 - Esquema <i>Iluminação Natural</i>	57
Fig.43 - Esquema de repetitivo e singular, adição e subtracção e hierarquia	57
Fig.44 - Esquema da <i>planta e corte</i>	58
Fig.45 - Esquema de Circulação	58
Fig.46 - Esquema de Geometria.....	59
Fig.47 - Esquema de Equilíbrio e Simetria.....	59
Fig.48 - Catedral Nôtre Dame (University of Dayton).....	68
Fig.49 - Artesão medieval no seu atelier.....	68
Fig.50 - Bolsa de Valores de Bruxelas, Bélgica	69
Fig.51 - Iluminação eléctrica nos espaços internos, ao final do século XIX	69
Fig.52 - Iluminação eléctrica pública em Lisboa, século XX.....	69
Fig.53 - Baker House, de F.L. Wright	70
Fig.54 - Monastério La Tourette, Le Corbusier, 1959.....	72
Fig.55 - Espaço iluminado com critério energético de boa reprodução da cor (Asociacion Argentina de Luminotecnia.Buenos Aires: Luminotecnia, n. 1999).....	74
Fig.56 - Pátio interior dos 'nossos' dias	77
Fig.57 - Domus Romana, Peristilo	77
Fig.58 - Exemplo de iluminação Zenital.....	78
Fig.59 - Clarabóia, Flávio Castro – Residência, São Paulo.....	79
Fig.60 - Clarabóias tradicionais em telhados, Porto.....	79
Fig.61 - Exemplos de dutos de luz.....	80
Fig.62 - Dutos horizontais e verticais	80
Fig.63 - Telha de vidro no telhado tradicional	81
Fig.64 - Elementos prismáticos, em diversas combinações para iluminação lateral	82

Fig.65 - Uso dos prismas em iluminação lateral (com forro reflector) e iluminação zenital ..	83
Fig.66 - Funcionamento do Laser Cut Panel.	84
Fig.67 - Funcionamento da Grelha de Micro Lamelas Reflexivas c/ protecção solar	84
Fig.68 - Percursos do Sol ao longo do ano.....	86
Fig.69 - Radiação solar ao longo do ano (por orientações).....	87
Fig.70 - Ventilação Higiénica	93
Fig.71 - Ventilação Conforto.....	94
Fig.72 - Resfriamento Convectivo.....	94

Introdução

“(…) a porta era óbvia. A janela é a primeira invenção da Arquitectura.” (Távora, 1991)

A janela é para o homem um elemento do dia-a-dia, que se tem manifestado presente na evolução da arquitectura e, também, na história das civilizações. Está tão presente nas nossas vidas, ruas, casas, locais de trabalho, etc., que por vezes não lhe é dado o devido valor. A janela é um dos elementos básicos da arquitectura, e deverá ter aparecido em simultâneo ou quase, com a entrada, a porta para entrar e sair e para se observar o exterior, o tempo, o inimigo, a caça, mesmo através de aberturas rudimentares. Foi objecto de estilos, compôs fachadas e à sua volta se cimentaram as construções que definiram épocas e estilos. Tem sido objecto de regulamentações, de dimensões de normas, que tem tido implicações na arquitectura e que regulam a criatividade dos arquitectos. São origem de parte do frio e do calor sentido em nossas casas e tem ajudado a desenvolver indústrias como a metalúrgica, carpintaria, vidro e outras subsidiárias. O excesso de sol que recebe pode ser tão prejudicial, como o excesso de sombra. Tem servido ao longo de todas as épocas para uma socialização dos moradores em relação ao bairro; é por onde se espreita, se conversa com os vizinhos, etc. Tem muitas condicionantes que é preciso respeitar, mas constitui um factor decisivo no trabalho na vida das pessoas, pelo menos no seu metabolismo e humor.

No actual *Estado da Arte* verifica-se que cada vez mais existe uma preocupação com a iluminação, principalmente a natural. Têm-se revelado na arquitectura alternativas bastante eficazes quanto ao aproveitamento da luz natural, como solução para poupança de recursos. Quanto à janela, o seu conceito tem evoluído de forma a conciliar a sua função com as nossas necessidades.

Os objectivos deste trabalho destinam-se a acentuar a importância da janela na arquitectura. Estudar e apresentar a evolução dos vãos envidraçados – janelas e dispositivos de iluminação natural – como definidores de estilos, conceitos, funções e arquitecturas através dos tempos. Relacionando, também, a iluminação natural com a questão dos consumos energéticos, pelo mau dimensionamento dos vãos, que originam perdas de calor ou excesso de insolação. O que se traduz numa tentativa de proporcionar uma maior comodidade e conforto, para quem usufrui de determinado espaço.

Como objectivos pretende-se ainda estudar e eventualmente transmitir aos Arquitectos o quanto este elemento pode marcar a diferença num edifício, tanto pela iluminação como pela arquitectura, composição, conforto interior, ventilação natural, contemplação exterior e ganhos solares, trazendo-lhe um conjunto de normas e de

recordatórias que poderão ser úteis. Este é o meio que nos relaciona visualmente com o exterior. Saber quais as ferramentas disponíveis ao arquitecto para aprofundar conhecimentos que permitam a composição e o desenvolvimento dos seus trabalhos.

Pretende-se então esclarecer, entre outras questões: Qual a função da janela? Em que difere da porta? Qual a sua simbologia? O que representa para a sociedade? Qual a sua relação com a iluminação natural? Como pode relacionar-se com os consumos energéticos?

Como forma de se obterem os objectivos propostos, utilizou-se uma metodologia que se considerou adequada através da análise e estudo de vários autores, sobre este tema. Tentou recolher-se o máximo de informação para as várias questões às quais se pretende dar resposta, de forma a esclarecer, compreender e dar vida à janela, luz natural e arquitectura. Num percurso pela história dos vãos exteriores, para nós os mais importantes no caso presente, na arquitectura e dos respectivos resultados, há a considerar o dimensionamento, o conforto térmico, a economia energética e aos tipos de caixilhos e janelas a utilizar.

O presente trabalho organiza-se em 4 capítulos, sendo que no Capítulo I, é feita a apresentação da janela. Inicia-se pelo conceito básico de definição deste elemento, em que a situação é diferente da porta, qual a sua função e o seu possível contexto histórico. Num ponto seguinte referem-se também, além das funções, os estilos e arquitecturas em que a janela foi um elemento determinante para a sua caracterização. Estilos como o da Arquitectura Clássica, Idade Média, Românico, Gótico, Renascimento e a Arquitectura do Ferro e do Vidro, em que a forma da janela foi adaptada à fase técnica, cultural e social que se vivia em cada época, assim marcando a diferença entre elas. Ainda no mesmo Capítulo são apresentados alguns casos de estudo com edifícios que marcaram o século XIX e XX. É feita uma análise e comparação entre eles, quais as suas diferenças técnicas e estruturais, tendo em conta a evolução dos materiais e das questões conceptuais de cada época.

Já no Capítulo II vai ser abordada a iluminação marcando a sua presença na arquitectura. A importância da iluminação natural para o homem, na execução das tarefas diárias e na construção/edificação. A relação de complementaridade entre a iluminação natural e artificial, e os aspectos positivos e negativos de cada uma delas. Faz-se, também, uma breve referência à relação entre luz e cor. E, por fim, uma contextualização da evolução da iluminação e arquitectura, ao longo dos tempos/história.

O Capítulo III dá a conhecer alguns dos vários dispositivos de iluminação natural e a sua localização. Com o intuito de identificar as características de cada um e que situação a sua aplicação poderá ser a mais eficaz, tendo em conta o efeito pretendido e o clima, principalmente a nível da orientação solar, de determinada região.

O último é o Capítulo IV, começa por abordar a poupança de energia e conforto térmico, de acordo com O Regulamento das Características do Comportamento Térmico nos Edifícios (RCCTE), onde se pretendem relacionar os vãos envidraçados com o sombreamento, o seu possível mau dimensionamento, a relação da iluminação natural e artificial com os consumos energéticos excessivos e a forma como os dispositivos de iluminação natural e, até a ventilação natural dos edifícios, podem ajudar a controlar ou até evitar desperdícios de energia.

Por fim a Conclusão, onde se irá apresentar uma reflexão de todo o estudo que envolve este tema. Quais as ideias essenciais que foram absorvidas para uma melhor Arquitectura.

Neste trabalho foi utilizada a norma APA para apresentação de citações, referências, bibliografia, paginação, e toda a sua estrutura. Assim como as figuras inseridas que não são da nossa autoria, estão devidamente identificadas.

CAPÍTULO I

1.1 A Janela na Arquitectura

“Windows...architectural development...takeover of artificial lighting...renewal of interest in daylight...energy use...passive architectural...strategy...control” (Phillips, 2004, p.3)

Desde as primeiras cavernas, a luz do dia informou a vida dos habitantes, inicialmente na diferença entre a noite e o dia, mas as habitações tornaram-se mais sofisticadas, por meio de aberturas ou janelas que deixam entrar a luz, primeiro naturais, depois artificiais integrando-as nos dispositivos que compõem a arquitectura e das quais tiraram partido estético e saudável.

A história da arquitectura é a história da janela, do vão e da iluminação natural, em que já não se associa um elemento sem os outros. Desde as iniciais aberturas, deixando entrar a luz, o ar, o calor e o frio é através da janela que há a introdução da luz do dia nas construções, como no interior das maravilhosas catedrais medievais, das igrejas barrocas ou dos vários edifícios privados do século XVIII. (Phillips, 2004, p.3)

Comecemos por definir o significado de janela:

“Janela – Abertura de forma regular (rectangular, quadrada, circular, oval, etc.) praticada numa parede para iluminar e arejar e facilitar a visibilidade para o exterior e o interior do edifício. (...) Difere da porta por não ser necessariamente um vão de passagem. (...)” (Silva, 2008, p.6)

Foi retirado o essencial da definição de janela para a podermos entender no que diz respeito à sua função, natureza e relação com os restantes vãos.

Interpretando esta descrição, quando nos deparamos com uma ‘abertura’ cuja sua função ou intuito é de ventilar, iluminar ou possibilitar a visibilidade entre espaços, esta pode ser assumida como uma janela.

Sendo assim quase todos os dispositivos de iluminação natural, podem ser classificados como janela. Um dos seus aspectos mais característicos é a forma, é ela que define a sua evolução histórica na arquitectura – por exemplo, a época a que pertence – ainda assim, não é o suficiente para a classificar.

Todos os regulamentos de qualquer país obrigam à integração de janelas nas fachadas, tendo em vista a salubridade da construção, a entrada de sol, do ar e a apropriação do espaço exterior. Foi objecto de dimensionamentos e de decoração, rica ou

pobre, através das quais o arquitecto manifestava a grandiosidade da obra ou a simples adaptação ao clima local.

1.1.1 Contexto histórico

A sua origem está associada a uma variação da porta, com o intuito de apenas deixar passar a luz natural, o ar ou o simples olhar, impedindo a passagem e tornando os espaços mais confortáveis sem serem devassados. Tornou-se, assim, numa mudança muito mais simbólica do que física. A janela é o elemento que permite a entrada da luz, sendo responsável pela criação da sensação de espaço e de bem-estar.

Daí se supõe que a janela não esteve presente nas primeiras construções. Surgiu com o desenvolvimento do procedimento construtivo do espaço arquitectónico.

Nas primeiras arquitecturas eram deixados buracos nos telhados permitindo a admissão da chuva, assim como da luz, exemplo disso são o Panteão ou o pátio Romano das habitações, ou *impluvium* como também é conhecido. Mais tarde surgiu a clarabóia, lanternins e zimbórios que permitiam apenas a entrada da luz do dia no interior dos edifícios, muitas vezes rica em simbolismos religiosos e outros. Esta evolução teve o importante papel de introduzir a luz do dia a um nível mais profundo que hoje é visível nos átrios, como seu equivalente moderno.

A janela tem-se desenvolvido ao longo dos séculos, mas o propósito de deixar a luz do dia entrar tem-se mantido o principal objectivo; as aberturas para as janelas necessitam de reforços/isolamentos que tornem confortável o ambiente interior vs o clima exterior. Necessitam, também, de protecções nocturnas e diurnas contra a incidência solar. Inicialmente, para a passagem da luz, foram usados vários materiais, tais como placas finas de mármore, folhas de mica ou de papel oleado, mas foi só até ao desenvolvimento do vidro para aplicação nas janelas que grande parte do progresso aconteceu.

As folhas de mica ou moscovite eram muito utilizadas em janelas na Rússia, proveniente de um mineral da família dos filossilicato, que se encontra em granitos, xistos, etc. Tem como característica a capacidade de ter várias cores ou ser mesmo incolor, conforme as impurezas existentes. Além da cor pode ser translúcido ou transparente, daí a sua aplicação em janelas. (Brazão, 2011, parag.1)

O vidro tinha sido descoberto já em 3000 a.C. no Egipto, e era usado em objectos decorativos, mas sabe-se que pequenos painéis de vidro soprado definido em quadros de bronze foram utilizados para o enchimento de vãos de janelas durante o período Romano. Estes foram um pouco diferentes para os vitrais, unidos por 'fios' de chumbo, do período

Medieval, estando limitados ao pequeno tamanho do painel, regido pelo processo de fabricação. (Phillips, 2004, p.3)

A história da janela é de facto a história da arquitectura, desde as aberturas em bruto nas laterais das primeiras habitações abrindo a atmosfera, ou das aberturas nos telhados, permitindo a entrada da chuva recolhida por uma 'piscina' central. Ainda há exemplos da arquitectura tradicional portuguesa de janelas sem caixilhos de vidro e em que os vãos eram, ou são, apenas tapados por portadas de madeira.

O aspecto dos edifícios de todos os períodos reflectem a natureza das janelas, em alguns casos como no período Medieval, em que a forma e a localização da janela estavam funcionalmente relacionadas com o papel desempenhado pela luz natural, enquanto no período do Renascimento a sua localização e formato se tornaram mais formalizadas, tendo em menor consideração à relação com o espaço interior. A elevação e a aparência do edifício, visto do exterior, tornaram-se na preocupação predominante, uma consideração que se mantém até aos dias de hoje. (Phillips, 2004, p.4)

As janelas sempre conduziram à inovação e isto pode ser visto nos vitrais das grandes catedrais medievais, contando a história cristã, onde janelas inteiras de vidro e paredes muito altas foram possíveis graças a estruturas como o 'arcobotante'.

A janela, no caso da arquitectura militar, tinha de corresponder às necessidades dos edifícios fortificados, para isso criaram-se janelas em fenda, as 'seteiras' de onde as setas poderiam ser atiradas garantindo alguma protecção aos arqueiros, com laterais jorradadas (inclinadas) para ter o efeito, também, desejável de reduzir o contraste entre o brilho da janela e da superfície da parede interior, permitindo abrir muito o ângulo de visão e cobrir o máximo de campo próximo, um dispositivo que tem validade permanente.

Foi desenvolvida uma outra forma inovadora de iluminação natural, para a iluminação das igrejas barrocas do Sul da Alemanha, onde a luz do dia "indirecta" para os ornamentos decorativos da igreja é conseguida através de janelas escondidas da visão directa da congregação. A iluminação natural indirecta é hoje frequentemente utilizada, como foi por Basil Spence na Catedral de Coventry, ou por Jorn Utzon na Igreja Bagsvaerd na Dinamarca. (Phillips, 2004, p.4)



Fig.1 - Coventry Cathedral. **Fonte** - http://en.wikipedia.org/wiki/File:Coventry_Cathedral_Baptistry_window.jpg, Junho de 2011.



Fig.2 – Bagsvaerd Church.
Fonte - <http://www.flickr.com/photos/14716771@N05/4251058726/#/>, Dezembro de 2009.

Outra obra de referência é a capela de Nossa Senhora do Alto, em Ronchamp, de Le Corbusier. Em que se destacam as suas janelas anunciando uma tensão de formas e conceitos determinados previamente. A admissão do betão armado na arquitectura contribuiu para novos conceitos – forma, organização e padrão.

Esta capela apresenta paredes perfuradas de acordo com a orientação e organização interior. Está presente a intenção de distinguir os espaços de ritual através do diferente tratamento da iluminação, sendo as janelas diferentes em todos os ambientes.

É na fachada virada para sul que se nota uma composição mais sensível. Aqui situa-se a entrada e a sala de culto. Exteriormente são visíveis diversos 'buracos' ortogonais de variadas dimensões, distribuídos artisticamente e numa densa e orgânica parede.

Os vidros exibem cores, palavras e elementos desenhados pelo arquitecto, Le Corbusier, que marcam a expressão do espaço e se relacionam directamente com o culto do local. (Silva, 2008, p.212)

Toda a relação entre as formas, efeitos, materialização e composição conferiram a estas janelas um dinamismo e exclusividade. Esta construção ainda hoje é alvo de variadas interpretações, sendo um exemplo para a arquitectura.

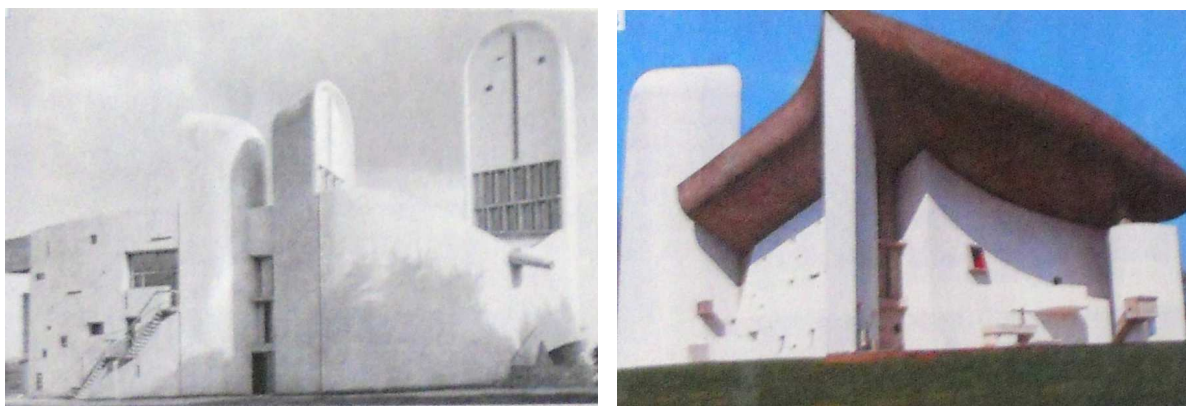


Fig.3 - Capela de Nossa Senhora do Alto, Ronchamp. **Fonte** - Pinto, Meireles & Cambotas. Nº10, p.85.

Embora o conjunto de janelas verticais em paredes exteriores dos edifícios fossem claramente de primeira importância, e o continuam a ser ainda hoje, foram as clarabóias, permitindo a luz do dia na região central de edifícios, que tiveram uma importante influência sobre o planeamento da forma das mansões nos séculos XVII e XVIII. O método de iluminação natural permitiu aos arquitectos uma maior flexibilidade para projectar as áreas centrais das suas construções. É interessante que este método de introdução da luz natural para o centro dos edifícios tenha uma semelhança com os átrios que vemos em muitos edifícios de hoje.

O movimento moderno em Inglaterra nos anos 30 usava os novos métodos de construção disponíveis permitindo uma nova concepção dos edifícios residenciais, com paredes inteiras de vidro contornando as esquinas, para exprimir a liberdade da relação entre o interior e o exterior. Liberdade que, finalmente, se expressa nas paredes de vidro, agora possível em estruturas em altura.

O crescimento do ambiente de trabalho no século XIX resultou na necessidade de aumentar o nível de iluminação em alguns edifícios, e isso foi conseguido através de um projecto de longas janelas horizontais, onde a luz do dia perto da parede da janela teria sido suficiente, mas com a pressão para reduzir a altura do chão para as economias da estrutura, este método tornou-se incapaz de corresponder às necessidades pretendidas. (Phillips, 2004, p.4) A luz do dia permaneceu o principal meio de iluminação para todos os tipos de construção até o início do século XX, quando, por diversas razões não menos importantes, a grande eficiência do desenvolvimento de fontes eléctricas, começou a questionar o papel primordial de iluminação natural.

Podemos aqui fazer uma pequena referência a Le Corbusier que, interessado pelos problemas do planeamento urbano, resultado do crescimento da vida moderna, seguiu o

‘racionalismo funcionalista’ da sua época, procurando a relação entre a indústria e a arquitectura. Ambicionou desenvolver uma construção que resolvesse, de forma racional, materialista e técnica, os problemas da sociedade em que vivia. (Pinto et al - 10, p.80)

Defendeu, então, uma arquitectura livre de ‘individualismos’ e fantasias, prática e preocupada com a economia que a própria sociedade comprometeu, numa tentativa de dissolver os problemas da habitação colectiva nas grandes cidades.

Foi em 1926 que, Le Corbusier anuncia claramente cinco critérios para uma arquitectura inovadora, num manifesto denominado “*Pour une Nouvelle Architecture*”. Foram estas referências que orientaram as produções arquitectónicas de forma a se “converterem no verdadeiro sintagma da arquitectura moderna”. (Silva, 2008, p.204)

- Fachadas de composição livre;
- Plantas integralmente livres das fachadas;
- Janelas distribuídas por estreitas e longas faixas horizontais;
- Tectos planos com jardins e terraços na cobertura, compensando a área de implantação;
- Construção sustentada por pilares, distribuídos livremente relativamente à planta, suportando e isolando o edifício de humidades.

Estes cinco pontos tiveram como base novos sistemas estruturais que possibilitaram uma ‘separação’ entre a parede e a estrutura.

Estando a estrutura do edifício organizada de uma forma pontual, os alçados e plantas adquiriam muito mais liberdade para serem trabalhados. A fachada e planta ‘livre’ tornaram-se nos pontos essenciais das vantagens destes ‘esqueletos estruturais’. Os restantes resultavam como consequência, fazendo com que “o solo sob a casa está livre, o telhado é reconquistado, a fachada está totalmente livre. Já não estamos paralisados.” (Silva, 2008, p.205).

Os edifícios de escritórios e serviços, obrigavam a uma preocupação com as tarefas a desempenhar. Mas mesmo assim, Le Corbusier optou quase sempre pelas ‘panos de vidro’. A sua intenção era proporcionar uma total iluminação ao espaço baseando-se na economia dos materiais.

Esta tendência de Le Corbusier pôde ter boas intenções no aproveitamento da iluminação natural e na economia de materiais mas no que diz respeito à eficiência energética deve ter deixado a desejar. Actualmente somos, praticamente, obrigados a seguir o conceito da arquitectura bioclimática, sustentável e a cumprir regulamentos (RCCTE) que condicionam os dimensionamentos dos vãos, a sua orientação, protecções, materiais e

eficiência energética, com o intuito de tornar a arquitectura cada vez mais 'ecológica, se assim a podemos designar.

De acordo com Phillips (Phillips, 2004, p.5) acabou por haver uma pressão, por parte das empresas de serviços para o aumento dos níveis de luz nos edifícios, vendo esta oportunidade como um meio de aumentar a venda de electricidade, e para as fábricas a venda de lâmpadas e equipamentos.

Até certo ponto foi uma boa influência, no entanto o efeito nos Estados Unidos da América foi longe demais, com níveis de 1000 Lux e acima do recomendado, onde muito menos era o suficiente. Por volta de 1960 o conceito tinha crescido tanto que a luz artificial ou eléctrica poderia ultrapassar a luz natural como fonte primária durante o dia em ambientes de trabalho.

Houve, de facto, substanciais evidências para apoiar este ponto de vista da iluminação em escritórios, fábricas e outros edifícios onde tarefas visuais difíceis precisavam ser feitas. A economia de estruturas fez com que as alturas dos tectos fossem diminuídas, reduzindo a penetração da luz do dia em edifícios. Um governo considerado de 'política energética de baixo custo' determinou que o preço da electricidade não era um factor importante para as despesas de funcionamento desses edifícios, e que, portanto, economicamente poderia ser feito. Verificamos a 'política de contradição' em que se vivia nesta fase, quando algo que supostamente é de 'baixo consumo' ultrapassa em muito os limites.

Nos anos 60 chegou-se à conclusão que uma das primeiras decisões que um arquitecto deveria tomar, quando está a projectar um novo edifício, seria o nível de luz e a natureza da fonte de luz eléctrica. Para o conseguir a luz do dia era rejeitada como uma fonte funcional. Isso levou a fábricas sem janelas e, até mesmo, a escolas sem janelas, a um exagero ao máximo. Foi discutido ainda que os prédios poderiam ser aquecidos por meio de iluminação, levando iluminação artificial a ser utilizada em todos os momentos do dia, mesmo quando o calor gerado teve de ser desperdiçado, por dispersão.

Esta foi uma 'abordagem liderada pela engenharia' e alguns arquitectos tendiam a concordar com ela, embora se deva dizer que os arquitectos mais pensativos resistiram.

Na eminência de uma crise energética percebeu-se que a dependência do homem sobre combustíveis fósseis tinha um limite, começou-se a questionar os consumos de alta energia, e começaram-se a procurar formas de reduzir a carga de electricidade nos edifícios. A forma mais óbvia seria, então, voltar à compreensão dos recursos naturais da luz do dia. (Phillips, 2004, p.5)

É evidente que a luz do dia não tem um custo zero. Factores como o controlo da luz solar, o ganho e perda de calor, a associação de janelas com ventilação e a questão de

saber se as janelas devem abrir ou se o edifício deve ser fechado, são problemas que precisam ser abordados; mas estes precisam ser equacionados com o desejo humano de relação com o ambiente natural, bem como a eventual poupança de electricidade e de custos.

Para Phillips, (Phillips, 2004, p.5 e 6) é útil referir algumas das razões pelas quais a relação com o ambiente natural é importante, através de uma retrospectiva histórica:

1. Primeiro precisamos entender qual a função do espaço; se é uma residência, um escritório ou uma fábrica, a necessidade pode ser ler um livro, operar uma máquina, ou o que quer que seja. Se é possível para a luz do dia corresponder a essas necessidades, então esperamos que ela o faça.

2. A aparência natural de um espaço, onde a experiência geral, os objectos e superfícies, são modeladas à luz do dia, juntamente com a adição de luz solar em certos períodos do dia.

3. A mudança cíclica desde manhã à noite, as mudanças que variam com o tempo e a estação do ano. O homem tem um desejo inato por variedade e mudanças no seu ambiente, e mudanças na aparência de um espaço de tempos a tempos proporciona isso.

4. A orientação do próprio homem, relativamente ao conhecimento do paradeiro de uma pessoa em relação ao mundo exterior. Num ambiente totalmente artificial, uma pessoa tem dificuldade em encontrar o seu caminho dentro de um edifício, um problema que ficou evidente em alguns dos primeiros centros comerciais com iluminação artificial, onde as pessoas se desorientaram, tendo problemas em encontrar um caminho em volta do edifício.

5. A experiência do mundo para além do edifício, pela vista para o exterior, enquanto está associado com o factor de orientação, tem o aspecto adicional de conteúdo que pode ser de campo aberto, árvores e paisagem, mas não mais frequentemente do que nos outros edifícios e nos padrões de rua. O importante não é apenas o conteúdo, mas também a experiência de algo à distância como um centro de descanso para os olhos. A luz natural é sem dúvida essencial.

6. A experiência da cor natural; enquanto a cor física do nosso mundo vivida nas alterações da luz da manhã à noite, as mudanças são parte da nossa experiência; nós compensamos automaticamente, uma parede branca parece uma parede branca, mesmo que à noite, possa ser mais quente, ou é colorida pela luz solar, ou alterada por formações de nuvens.

7. A ventilação natural que devemos ser capazes de receber, abrindo janelas. Esta é uma parte do desejo humano pelo controlo do seu ambiente, quer seja a iluminação no seu trabalho, ou o ar que respira.

Em geral, os arquitectos não apresentaram facilmente a tendência para o ambiente totalmente artificial, optando inevitavelmente pelo o uso de ar condicionado em projectos maiores. No entanto, o professor Hopkinson realizou um trabalho de pesquisa, na Grã-Bretanha no Building Research Station em 1950, que desenvolveu um conceito designado por Permanent Supplementary Artificial Lighting for Interiors (PSALI). (Phillips, 2004, p.6)

O conceito por trás desta pesquisa foi que a luz do dia prevista para a zona perto da janela de uma sala, fosse adequada, e que as entradas de luz mais afastadas pudessem ser complementadas por fontes eléctricas.

Isto resultou na sensação de que todo o espaço estava iluminado durante o dia, embora não fosse, permitindo o conceito de 'sala bem iluminada'. Enquanto este conceito não teve o efeito imediato de reintegração da luz natural como fonte primária, foi deixado a outras influências para reforçar o interesse renovado do arquitecto no assunto.

As influências externas foram, para algumas medidas políticas, o aumento acentuado dos preços do petróleo e a crise dos combustíveis. Surgiu a consciência gradual de que os combustíveis fósseis, sobre a qual o mundo se baseava, o carvão e o petróleo, têm uma vida finita e, uma vez utilizados não são substituíveis. Sem dúvida, isso teria sido ignorado se não fosse um factor adicional – percepção do significado e causa do efeito de estufa, devido à libertação de dióxido de carbono consequência da combustão desses mesmos combustíveis fósseis. E por fim, houve a destruição da camada de ozono e o perigo crescente do aquecimento global.

São todos motivos que nos levam a reflectir sobre as questões associadas à poupança de recursos naturais ou ao aproveitamento dos mesmos, de forma eficiente.

Referenciando novamente Le Corbusier, este revolucionou a arquitectura e projecta uma 'história da janela' através do esboço da janela mais típica ou distinta de cada época.

Chegando à conclusão que a sua versão da modernidade também tem como base a fachada livre, leve e flexível, hoje condenada pelos conceitos de sustentabilidade e de arquitectura bioclimática.

No entanto, é necessário ter em atenção a importância da janela na composição da fachada, conforme Vítor Lopez Cotelos afirma "a expressão com que se definem as janelas dum edifício demonstra a capacidade reflexiva do seu autor assim como a sua sensibilidade e destreza". (Silva, 2008, p.36)

1.1.2 Funções, Estilos e Arquitecturas

A preocupação com a luz e com a possibilidade do homem criar o que lhe é fundamental surge com as suas necessidades e desejos, na realização da arquitectura – através do espaço-luz concretiza os seus próprios sentimentos.

Acima de tudo a arquitectura é síntese. Pode caracterizar-se, também, como reflexo das forças da sociedade: a técnica, a economia, a cultura, a política. Como arte, apresenta-se através da relação forma/espço criada como expressão legítima do espírito humano, que se forma pela sua cor, dos vazios coloridos, da cor das formas e do tratamento da luz.

A sua origem ensina-nos a própria história do homem. Mostra-nos o estado do desenvolvimento tecnológico, revela-nos os valores sociais associados a cada momento histórico e alerta-nos para a forma como pensávamos.

Este passado mostra-nos a relação fundamental entre Clima e Forma e do tratamento da luz como elemento criador do espaço.

O próprio Sol, revela-se como símbolo e sinónimo, enquanto fonte de luz, do clima – é uma luz quente, marcante e violenta. Assim, as formas caracterizam-se pelas alterações resultantes da relação luz – sombra. A existência de frisos de sombra, traços que dependem do Sol para se evidenciarem, permite a leitura das delicadas inscrições feitas nas paredes. Tornam-se importantes no tratamento da superfície detalhada e não tanto na concepção da forma – volume. (Vianna & Gonçalves, 2004, p.25)

1.1.2.1 Antiguidade: Egipto

Uma das características da civilização egípcia era a necessidade de ambientes pouco iluminados. Pensa-se que a luz entraria através dos desníveis dos tectos e de pátios. Não existia o sentido de janela que hoje há e as cerimónias aconteciam apenas na casa dos deuses, em privacidade, para maior respeito da divindade e comunhão de espírito

Nestas construções apercebemo-nos de estruturas que podemos entender como os primórdios das janelas. Continham aberturas horizontais bastante estreitas, localizadas junto ao tecto, por onde a luz e o ar entravam apenas para iluminar o centro, sendo perfeitamente coerentes com as técnicas construtivas do período. (Pinto et al, 2, p.34) Para, praticamente, todos os espaços existiam apenas uma porta dividida em duas ou três partes, conforme a importância dada à edificação. Era invulgar o uso de materiais para a vedação da porta, mesmo nos templos mais importantes.

Ao longo dos tempos e da evolução das necessidades do homem, nos espaços interiores, foram atribuídas aos pátios funções diferentes – no antigo Egipto servia para o homem manter contacto com o cosmos.

1.1.2.2 Antiguidade Clássica: Grécia e Roma

Na Arquitectura Clássica, o clima quente e seco, trata a luz como algo precioso e perigoso. Adota formas simples e compactas que evidenciam um clima violento, com um excesso de claridade oriunda do céu e de altas temperaturas.

A luz é controlada pela própria construção, através de bem localizadas e pequenas aberturas que proporcionam o tratamento do espaço interior por uma luz filtrada. Encontra-se, assim, uma relação entre um exterior excessivamente luminoso e um interior nem quente nem frio, organizado de uma forma responsável e interessada em criar boas condições para o desenvolvimento das actividades humanas.

Esta época é retratada pela uniformidade dos materiais e cor única, em geral clara, como símbolo marcante do poder e da crença.

A arquitectura da Grécia Antiga teve como base a forma e proporções humanas, para construir edifícios à ‘nossa’ escala. Procurando atingir um “ideal clássico de arquitectura” segundo palavras de Pevsner. (Silva, 2008, p.41)

Esta época ficou marcada pelas colunas e pelas ordens – Dórica, Jónica e Coríntia. Poucos elementos de ‘janela’ foram associados a esta cultura.

Constatou-se que a janela não teve grande significado para este povo e nas poucas referências da mesma, aparece sempre em tamanho reduzido e simples, de forma a não afectar a estabilidade da parede. Este facto tem alguma razão de ser: pelo clima mediterrânico, pelo culto religioso praticado e também pela própria sociedade.

Ainda assim, a iluminação dos espaços e a sua ventilação não foi esquecida. Os pátios e átrios são exemplos dessa preocupação, sendo a zona central da construção, de onde se desenvolvia o resto da habitação.

Nos templos clássicos a preocupação maior era a sua visibilidade inserida na paisagem, eram oferendas aos Deuses, pensados para serem admirados do exterior, aproveitando a luz para intensificar o seu efeito maciço. Um dos pormenores era a *Cella* – local onde se situava a estátua da divindade; em que a sua iluminação era feita apenas pela porta. O facto de ser um espaço pouco iluminado tornava-o discreto e místico, como era pretendido. (Silva, 2008, p.10)

Como exemplo destas referências temos o Pártenon, que representa exactamente o que foi descrito. Em planta e alçados apercebemo-nos que a única abertura é mesmo a porta.



Fig.4 - Pártenon. **Fonte** - Pinto et al. Nº 3, p.17.

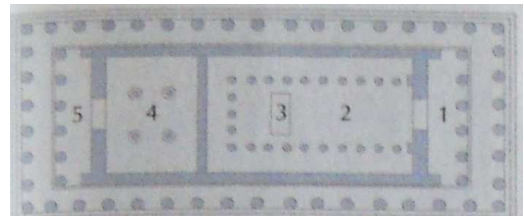


Fig.5 - Planta do Pártenon: 1. pronaos; 2. não ou cella; 3. localização da estátua de Atena Parteno; 4. opistódomos; 5. perístases. **Fonte** - Pinto et al. Nº3, p.17.

No entanto, as janelas foram surgindo em construções civis, de forma discreta, sem grande estrutura, apenas com o necessário – ombreiras, lintéis e peitoris. Desprovidas de qualquer simbologia, limitavam-se às suas funções elementares de ventilação e iluminação em lugares de uso colectivo.

Voltando à habitação, a civilização grega manteve o seu recato, a sua vida privada baseava-se na organização familiar, fechando a casa ao exterior. A ventilação e iluminação dos compartimentos da casa eram feitas através de um átrio interno – o *impluvium*, através de aberturas nos telhados convergentes para a zona central da casa onde se encontrava o *compluvium*, um tanque que recolhia as águas das chuvas.

Supõe-se que essas zonas eram distribuídas pelos três lados desse átrio, por vezes rodeado de pórticos, sendo as paredes exteriores praticamente fechadas.

A presença da janela na arquitectura grega passou despercebida, sempre com formas simples e discretas, de pequenas dimensões com receio que a estrutura da parede fosse comprometida. (Silva, 2008, p.14)

Já a arquitectura romana marcou a Europa, pelas suas técnicas construtivas, pelos materiais e até pela sua noção estética. A relação parede – janela foi admirável, tendo em conta que a parede era o elemento estrutural, a espessura e os seus componentes foram valorizados.

Assim, a introdução da janela na arquitectura romana foi feita com uma perfeição construtiva, variando a forma das ombreiras, lintéis e peitoris, usando quase sempre o arco de 'descarga', mesmo em edificações mais pobres.

Na arquitectura religiosa o templo clássico, possuía uma base rectangular elevada do solo, era regido por ordens e só era conhecida uma abertura – a porta. No entanto, passou a ser possibilitada a inserção do arco, a diversidade das formas e também a abertura de mais vãos.

Um dos edifícios que melhor reflecte a obra romana na sua competência técnica-construtiva é o Panteão. A sua iluminação é conseguida apenas através de um ‘óculo’ aberto na cúpula. Todas as outras paredes estão fechadas ao exterior e por dentro encontram-se repletas de nichos, representando janelas falsas rematadas por frontões muito simples. Neste caso observamos a diferença da arquitectura grega para a romana, dando maior importância ao interior que ao exterior.



Fig.6 - Panteão, Roma. Imagem interior e exterior. **Fonte** - Pinto et al. Nº3, p. 67.

“O espaço interior, iluminado pela luz zenital, organiza a sua própria concepção arquitectónica sem estabelecer qualquer relação com o exterior a não ser pela abertura do óculo que recria a forma do sol. As componentes ornamentais do interior simulam fachadas exteriores de uma praça pública com aberturas cegas.” (Silva, 2008, p. 51)

No que diz respeito à arquitectura habitacional esta teve três modelos construtivos – a *villa*, a *insula* e a *domus* – que se diferenciam pelos vãos. A janela era o elemento que fazia a diferença da classe social dos seus habitantes. (Silva, 2008, p.52)

As *villas* eram habitações de campo, mais simples, localizadas nas zonas rurais ou/e arredores das cidades. Possuíam, algumas vezes, balcões e arcadas abertas à paisagem/exterior. Os palácios imperiais, também, apresentavam algumas características que nos aproximavam do exterior. Sendo habitações campestres as janelas eram abertas sem qualquer privação, para permitirem a visualização das paisagens e jardins, surgindo uma nova forma de iluminação

A *insula* representava a habitação colectiva. Não apresentava grandes condições de habitabilidade, foi uma solução para acolher a população mais desfavorecida de uma forma mais económica. No entanto, a *insula* tinha as suas fachadas repletas de janelas e estava orientada para o exterior. (Silva, 2008, p.54) Apesar dessa particularidade, os materiais utilizados eram de pouca qualidade, representando assim as condições em que os seus habitantes viviam – falta de higiene e segurança, apartamentos sobrelotados e degradados. Possuíam vários pisos, distribuídos por várias divisões e em volta de um pátio – área descoberta, situada no centro de uma construção arquitectónica, com o intuito de iluminar e arejar os espaços internos.

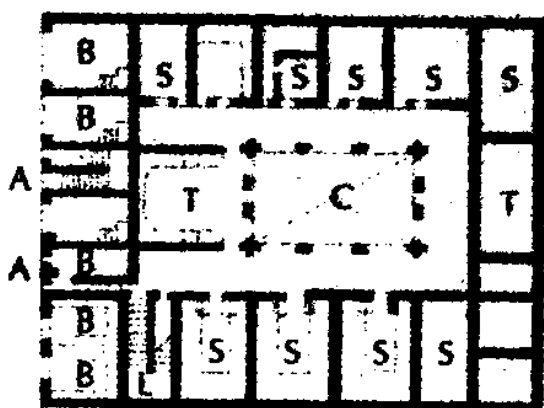


Fig.7 - Modelo de *Insula*. A. Entradas, B. Lojas, C. Pátio Central, T. Latrinas, L. Escadaria, S. Cenaculae. **Fonte** - Pinto et al, N°3, p. 75.

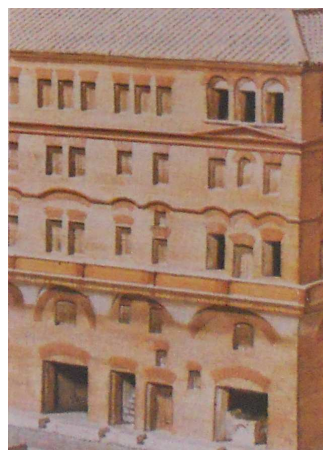


Fig.8 - Pormenor de fachada de uma *Insula* em Óstia. **Fonte** - Pinto et al, N°3, p. 75.

Por fim, a *domus*, que era reconhecida como a habitação da cidade. Dividida em um ou dois pisos em que a o piso térreo estava destinado ao comércio/tabernas e o espaço interior era a zona privada da habitação.

Muito possivelmente influenciada pela casa grega, a habitação era arejada e iluminada através do átrio e do peristilo. Este é o elemento que diferencia a casa romana da grega, e consiste num pátio interior ajardinado, envolto por colunatas. Destinando-se ao uso privado da família e não à recepção de convidados, como no caso do átrio. A iluminação era

feita pelas portas dos aposentos, sendo ainda protegidas por grelhas de metal ou por cortinas. Já a ventilação era feita através de vãos com pequenas dimensões, acima da cota do exterior, tornando a casa discreta e reservada.

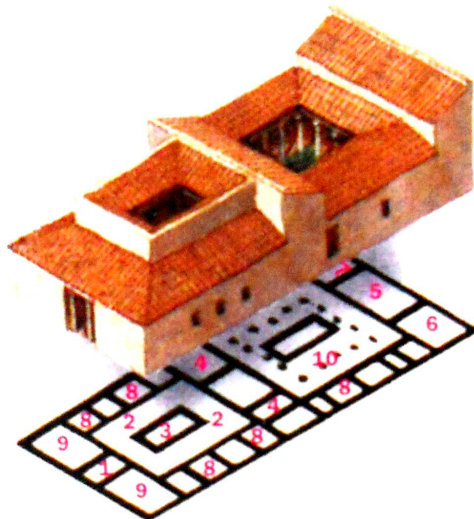


Fig.9 - *Domus* Romana, planta e perspectiva: 1. Vestíbulo, 2. Átrio, 3. Impluvium, 4. Alas laterais do átrio, 5. Tablino (sala de estar), 6. Triclínio (sala de jantar), 7. Cozinha, 8. Quartos, 9. Lojas, 10. Peristilo. **Fonte** - Pinto et al, N°3, p. 72.

No caso dos edifícios públicos só alguns apresentaram uma preocupação com o tratamento dos vãos.

A Basílica foi dos edifícios de grande dimensão em que dominou a preocupação com o espaço interior, dando muita importância à iluminação. Era dividida em naves através de arcadas e a área central estava, normalmente, mais elevada para que a iluminação fosse feita através do 'sistema de clerestório'.

Como mais um exemplo de edificações públicas temos as Termas, organizadas de forma compacta e metódica. Possuíam janelas de diferentes formatos e tamanhos que abriam as paredes, já com a preocupação de orientar as fachadas de acordo com o efeito térmico que pretendiam para aquele espaço. As salas eram alternadas em altura, permitindo um melhor aproveitamento da iluminação do interior. Especificamente nestas construções a janela revelava uma forma semicircular e estava dividida em várias unidades por mainéis – colunas que dividem as janelas. Todas as construções romanas de dimensões consideráveis eram compostas por 'sistemas abobadados'. Este tipo de janela passou mais tarde, no século XVI e XVII, a ser conhecida como 'janela termal', estando directamente relacionada às Termas Romanas. (Silva, 2004, p.55)

Um dos mais conhecidos edifícios públicos de Roma é o Coliseu, que ainda hoje apresenta uma estrutura grandiosa, dando-nos a conhecer mais sobre a janela romana e

sua importância estética. Está dividido por quatro pisos, dos quais os três primeiros, apesar das suas paredes bastante compactas, são abertas por sucessivas galerias. Exteriormente cada uma delas é repetida, num 'sistema arquivado', sem qualquer intuito estrutural, representado apenas uma influência da arquitectura Grega. O quarto piso está repleto de janelas de formato quadrado que quase nem se notam no contexto da fachada, possuindo uma naturalidade estética e um rigor edificante diluído pelas 'ordens clássicas' representadas nas arcadas.

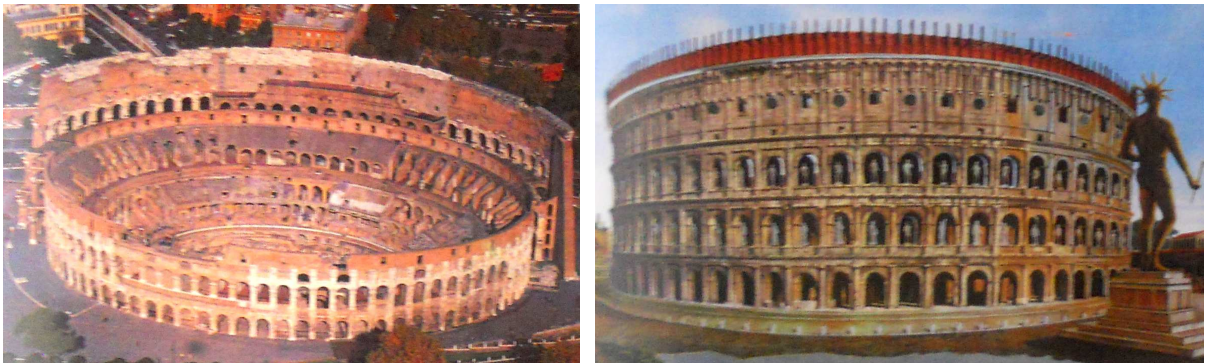


Fig.10 - Coliseu, Roma Século I. Ruínas actuais e reconstituição. **Fonte** - Pinto et al. Nº 3, p.71.

Neste período verificámos que as janelas mais utilizadas tinham as seguintes características: semicírculos, arcos de volta perfeita, arco de descarga, abóbadas e a forma rectangular. Em relação aos materiais construtivos utilizou-se a pedra, o tijolo, a madeira, grelhas metálicas e *lapis secularis*. (Silva, 2008, p.20)

1.1.2.3 Idade Média: Românico e Gótico

O desenvolvimento arquitectónico na Europa durante o período de extinção do Império Romano Ocidental e a formação do Românico apresentou diferentes características, de acordo com as regiões, mas baseadas nos mesmos princípios.

A arquitectura Românica surgiu da absorção de diversas influências. Neste período foi reaproveitado o conhecimento adquirido por variadas fontes, tais como:

- Antiguidade Pagã;
- Oriente, Arte Bizantina;
- Povos Bárbaros.

Mesmo com tantas influências, o Românico tornou-se, ainda assim, o primeiro estilo internacional da Idade Média. Neste período, houve um movimento de toda a civilização da Europa, por uma reforma na arquitectura, que se manifestou também numa expressão mais energética da fé. (Pinto et al – 4, p.22)

Neste período, foi na Arquitectura Religiosa que começou a relação com a iluminação, essencialmente com a Catedral. Esta forma-se através da junção das várias partes que a compõem. É na intercepção da nave principal com o transepto que se encontra o sistema de arejamento e iluminação da igreja, local onde se situa o cruzeiro rematado pelo zimbório ou torre lanterna. As principais alterações na configuração das igrejas resultaram da dedicação religiosa. São introduzidas as torres nos transeptos e nas fachadas, como elementos de paisagem da cidade, no entanto, o átrio e o arco triunfal desaparecem.

Em termos construtivos as paredes na Catedral Românica possuem poucas aberturas o que deu origem a paredes compactas, que surgiram da necessidade de sustentação das abóbadas. As portas e janelas são enquadradas por molduras, colunas, paramentos, tímpanos, arquivoltas, entre outros elementos que revelam o aumento de planos direccionados para o interior.

Neste período a porta simbolizava a passagem da ordem para o caos, daí a reprodução de planos criando uma sensação de profundidade entre o espaço exterior e interior, ou seja, entre a desordem e a ordem. Neste aspecto, a mesma ideologia foi aplicada na janela, fazendo com que esta apareça-se rematada por um arco de volta perfeita, ornado por colunelos lateralmente e na parte superior por arquivoltas, tentando criar a mesma sensação.

Nestes edifícios religiosos, a iluminação é feita através do clerestório e por estreitas frestas, que proporcionavam uma luz difusa, apropriada para o culto espiritual e misticismo da época. Já a 'torre lanterna', está revestida por várias aberturas que propagam a iluminação através da intersecção com o transepto, para a nave central. Nesta arquitectura surgiram, também, os janelões e as rosáceas, como dispositivos de iluminação. (Pinto et al. Nº4, p.38)

As janelas são definidoras das fachadas, assim como, colaboram na organização dos espaços e na estrutura. Variando de região para região, a janela desta época, pode apresentar um dimensionamento de vão maior ou menor, intenções simbólicas e estéticas ou até possuir elementos de composição diferentes.

A cultura medieval foi rica na formação de ordens religiosas, que influenciaram bastante a evolução desta arquitectura. Das variadas ordens que existiram, os *Benedictinos* e os *Cistercienses* foram os que apresentaram uma arquitectura tipo para todas as suas construções. Os *Benedictinos* preferiram um maior número de vãos, mais excessivos e mais

trabalhados, abadia de Cluny. Já os *Cistercienses* optaram por um estilo mais discreto, visível na abadia de Fontenay, sem grandes decorações mesmo na composição da janela. Estas surgiam como os únicos elementos na parede lisa, complementados apenas por vitrais simples. Foi neste momento que as rosáceas se destacaram como janelas dos edifícios religiosos. (Silva, 2008, p.102)



Fig.11 - Abadia de Cluny (Borgonha, séc.X). **Fonte** - Silva, 2008, p.102



Fig.12 - Abadia de Fontenay (Borgonha, séc. XII). **Fonte** - Silva, 2008, p.102

Em Portugal, este período ficou registado por vários edifícios religiosos. Alguns deles são as Sés de Lisboa, Coimbra, Braga e mesmo a igreja do Convento de Cristo em Tomar. As técnicas construtivas e os materiais utilizados eram praticamente os mesmos que os usados na Galiza, assim como as influências.

Já como referência na arquitectura civil temos a *Domus Municipalis*, de Bragança. Com características que a diferencia das construções religiosas tais como, as janelas de pequenas dimensões e de composição simples. Enquanto os edifícios religiosos possuíam janelões e rosáceas, realçando a fachada principal. (Silva, 2008, p. 117)

A janela românica, de acordo com a região, evoluiu da forma mais simples até à mais complexa, utilizando sempre os arcos de volta perfeita como elementos essenciais.

Ao longo do século XII a arquitectura clássica sofreu algumas mudanças que ainda se verificavam nos edifícios românicos.

Assim, surgiu o Gótico que percorreu a Europa assumindo diferentes características de acordo com as regiões por onde passava, implementando uma nova estética.

Esta arquitectura desenvolveu-se em altura, marcando a verticalidade dos espaços interiores. Nas paredes foram rasgadas janelas, de amplas dimensões para permitir que o

interior fosse mais iluminado e que a religiosidade e fervor místico se elevassem para os céus. Obrigou ao aparecimento de contrafortes para aguentar as paredes que deram origem aos ‘arcos botantes’, sobre os quais se escoavam as águas das chuvas e suportavam o impulso das abóbadas interiores, o que de outra maneira não teria sido possível. A arquitectura foi pois, uma condicionante da janela. Muitas destas inovações foram desenvolvidas com base no pensamento tecnológico dos pensadores deste período.

A razão humana começou a ser valorizada, como consequência da inteligência divina, sendo considerada como a única fonte de luz. Desenvolveu-se uma adoração à luz como se ela representasse Deus. Através dela o espírito era elevado até Ele.

Daí a necessidade de criar ambientes em que a verticalidade das naves e pilares fosse acentuada pela luminosidade e cores dos vitrais que cobriam as amplas janelas.

Na Arquitectura gótica registou-se a presença de várias tipologias – religiosa, militar e civil. Mas a verdadeira essência desta época está marcada nas construções religiosas, que reflectem perfeitamente o estilo de vida e a religiosidade destes povos.

Os edifícios religiosos estavam situados no centro das cidades e deles evidenciam-se as Catedrais. Estas apresentavam-se, na sua maioria, do tipo basilical com a planta em cruz latina. Foi atribuída uma disposição diferente às paredes que, passaram a ter apenas três níveis de aberturas, visto que a galeria desapareceu, permitindo o prolongamento das arcadas e do clerestório, acentuando as linhas verticais.

A janela ocupou, assim, praticamente toda a extensão das paredes enquanto as rosáceas das fachadas se tornavam cada vez mais exuberantes. Fechadas por vitrais coloridos, proporcionavam a iluminação ideal para o misticismo da época, de acordo com a relação existente, entre Luz e Deus.

Esta nova tendência acabou por realçar e valorizar toda a forma estrutural das igrejas, ampliando e iluminando todo o espaço interior, quebrando assim as barreiras visuais que poderiam existir. (Pinto et al. Nº5, p.14)

Todos os elementos referidos são visíveis em construções góticas por toda a Europa. Em França existem vários exemplos de catedrais, tais como Chartres, Notre Dame, Laon, Reims, entre outras. Estas catedrais eram compostas por portais triplos, torres, alçados repartidos em três ou quatro bandas com vãos esguios e altos, e ainda se notava uma relação entre exterior e interior. (Silva, 2008, p.124)

“Esse intenso verticalismo dos exteriores, que é uma inovação do gótico francês (...). A famosa fachada de Notre Dame (...), tem torres seccionadas, quando tudo nos leva a crer que (...) as torres deveriam terminar em flecha. A flecha é a expressão suprema desse ímpeto em direcção ao céu e é uma criação do espírito gótico (...)” (Silva, 2008, p.124)



Fig.13 - Catedral de Notre Dame.

Fonte - <http://www.taviagens.com.br/2011/08/16/viaje-ate-paris-com-sua-familia/>, Agosto de 2011.

Na arquitectura gótica de Inglaterra as janelas são talhadas sobre um plano de parede compacto. A janela é assumida e inserida num plano, em vez de se manter como um elemento já definido. Podemos comparar com algumas destas catedrais inglesas: Winchester, Canterbury, entre outras.



Fig.14 - Catedral de Winchester (Winchester, séc. XI-XVI). **Fonte** - Silva, 2008, p.127.



Fig.15 - Catedral de Canterbury (Canterbury, c. 1070). **Fonte** - Silva, 2008, p.127.

Este estilo, em Inglaterra, não apresentou uma relação directa de exterior e interior, os transeptos em algumas situações eram duplicados, os portais estavam colados à fachada como elementos autónomos e a sua composição em planos proporcionava o posterior acréscimo de componentes.

As rosáceas transformam-se, praticamente, em janelas de grandes dimensões deixando para trás a sua forma circular. No entanto, algumas relações são mantidas nomeadamente na evolução das formas visíveis no desenho dos vãos. (Silva, 2008, p.128)

A parede foi desaparecendo na medida em que as janelas iam ampliando a sua área, necessitando de fortalecer o vazio existente através de pilaretes e maineis. Atingiu-se uma verticalidade que obrigou ao desenvolvimento de composições mais geométricas e trabalhadas.

Uma das maiores características do gótico foi o trabalhado das janelas, os rendilhados decorativos na sua parte superior, variando de formas geométricas.

Na Europa do Sul, o gótico apresentou outro conceito, onde se verificou uma mistura de influências.

Mais relacionado às edificações de carácter civil – fortalezas e palácios – manifestou algumas diferenças no desenho das aberturas e na decoração, basicamente só em pormenores. A transparência, uma das características das catedrais francesas e inglesas, não esteve presente nas catedrais da Península Ibérica – Convento de Cristo, Tomar; Toledo, Sevilha; S. Maria del Mar, Barcelona; entre outras.

Em Itália, o melhor exemplo na herança do gótico é a Catedral de Milão, diferenciando-se pela imagem de outras construções da época.

A janela gótica, na sua generalidade, desenvolveu-se baseada na preocupação decorativa. Preencheram-se os tímpanos com elementos rendilhados, conferindo-lhe assim algum movimento.

1.1.2.4 Idade Moderna: Renascimento

Ao longo dos séculos XV e XVI o homem mudou de atitude no que diz respeito à religião, arte e política. Aconteceu uma revolução de pensamentos que conduziu a um reconhecimento do valor dos conceitos da Antiguidade Clássica – Humanismo.

Assim, tentaram criar uma inovação construtiva em que a imagem da arquitectura clássica pudesse ser aplicada de forma a criar outros exemplos do que era considerado belo e harmonioso. (Pinto et al - 6, p.10)

A janela, no Renascimento, ganha um importante papel, que se mantém até aos dias de hoje. A observação da cidade foi um novo hábito que a população conquistou, sendo visível pela disposição dos cómodos da habitação. No limite da mudança de épocas, entre Idade Media e Idade Moderna, a cidade é vista como uma atracção, um local de encenação do quotidiano, activando o entusiasmo dos seus habitantes. O costume de espreitar a

cidade resultou das aberturas no andar superior das residências, estas permitiam que o espectador observasse o ambiente urbano sem que o vissem, tendo assim a possibilidade de não se expor perante os outros.

Neste período os detalhes mais minuciosos tornam-se visíveis contra um céu cinzento. Voltaram os valores clássicos evidenciados através da arquitectura. No entanto, os elementos que sob condições tropicais demonstram uma expressão mais vincada, em países com um clima temperado tornam-se quase indetectáveis. A cor, juntamente com a utilização de diferentes texturas e materiais, passa a ser um factor de grande importância numa nova concepção de forma, na busca de novos meios de expressão.

No decorrer do século XV a janela torna-se numa distração para as pessoas, porque é o elemento que permite a ligação para a rua. E foi assim que surgiu o hábito – preocupação da nobreza ainda no século XVIII – de observar a cidade e os seus moradores.

Com o agravamento da intensidade das relações urbanas e com a reorganização socio-económica que aproxima a cidade ao campo, a típica habitação com a fachada organizada pelas janelas apenas no andar superior não durou muito tempo, o propósito de se viver em casas tipo fortaleza foi-se perdendo.

Aqui as ordens clássicas sofrem gradualmente algumas alterações, os elementos são revelados de uma forma mais livre. Os artistas deixam-se levar pelo poder criativo.

O ciclo da conhecida Arquitectura Moderna estreou-se com a participação de Filippo Brunelleschi na execução da cúpula de Santa Maria dei Fiori. Este demonstrou total conhecimento das técnicas construtivas bizantinas e medievais, assim como da geometria das construções romanas. Esta cúpula é composta por oito lados e cada um deles tem um óculo que garante o equilíbrio da sua iluminação interior, sendo o seu remate feito através de uma lanterna possuidora de oito compridas e finas aberturas. Logo estamos perante uma iluminação zenital feita pela base da cúpula. (Silva, 2008, p.141)



Fig.16 - Cúpula da catedral de Santa Maria dei Fiori, Filippo Brunelleschi (Florença, c. 1420). **Fonte** - Silva, 2008, p.141.

Presenciamos uma ligeira despreocupação com a janela, em que passam a ser inseridas na organização do conjunto, apenas como elemento de ritmo do alçado. A sua repetição ao longo das fachadas reduz-lhes a entidade até aqui atribuída. Passou a existir um cuidado com todos os outros elementos constituintes das fachadas, excluindo a janela.

Esta característica é visível nos palácios Italianos em que a janela apenas se distingue quando inserida no centro das fachadas ou justaposta às entradas dos edifícios. Outro elemento que deixou de ser prioritário foi a iluminação, visto que a ordenação dos elementos é feita sem qualquer relação com a organização interior.

Estes edifícios destinavam-se à habitação e organizavam-se, regra geral, em três pisos. Aos pisos térreos estavam atribuídas funções mais do quotidiano, o primeiro era conhecido como *piano nobile* ou *piso nobre* para o uso da família e o superior era usado para alojar os criados e as crianças.

A dignidade do traçado das aberturas era diferente consoante a hierarquia dos pisos, afirmando-se essencialmente no *piano nobile*, nos eixos da entrada. O desenho das janelas era basicamente o mesmo, com um arco de volta perfeita e em forma rectangular, mas a decoração e o seu enquadramento iam variando. (Silva, 2008, p.144)

Em alguns palácios as janelas eram colocadas acima do nível das portas, tendo como objectivo a ventilação e iluminação difusa dos espaços. Estas compunham-se por formas rectangulares ou quadrangulares, caracterizadas apenas pelas pedras de cantaria. Nos palácios Rucellai de Alberti (Florença, 1446-1451) e Piccolomini de Bernardo Rossellino (Pienza, 1459) é possível avaliar estas características.

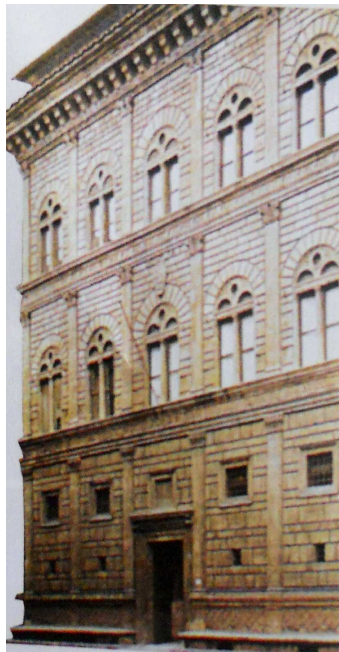


Fig.17 - Alberti, *Palácio de Rucellai*, em Florença de 1446 - 1451. **Fonte** – Pinto et al. Nº 6, p.19.

As janelas dos andares nobres abdicam da, tão característica gótica, forma ogival e adoptam o arco de volta perfeita, assim como os de descarga que surgem realçados nos adornos da parede. A relação com a arquitectura antiga é reforçada por estes elementos, está presente uma influência medieval na composição da janela e clássica nas suas formas.

Existiram inúmeras variações nas composições e formas das janelas, no entanto, surge a preocupação com a adequação da luz aos espaços no período entre o Renascimento e o Barroco.

No período Barroco a janela tornou-se num elemento de muita relevância para a linguagem arquitectónica. As aberturas das fachadas barrocas manifestaram-se de uma forma mais livre. A janela passou a ser o elemento que permitia ver o interior da edificação, tanto com a intenção de observar como a de ser observado. A transparência, reflexão e qualidade da abertura foram factores que impediram a janela de ser reduzida. Neste momento a janela ultrapassou a beleza e o esplendor atribuído às colunas.

Nesta época houve a necessidade de se recuperar uma das características da arquitectura Gótica, fragmentando as aberturas nas histórias contadas nos vitrais. Isto permitiu adaptar a janela ao conjunto movimentado da fachada e aliviá-la das 'formas geométricas puras'. Os arquitectos barrocos revelaram uma genialidade no tratamento da iluminação. Esse facto revelou-se na perfeita execução das cúpulas, por onde era feita a iluminação barroca.

São vários os exemplos de construções religiosas onde podemos verificar estes registos: Gesù de Vignola, 1568-75, S. Carlo alle Quattro Fontane de Borromini, 1665-67 e até o estaleiro que foi S. Pedro de Roma. (Silva, 2008, p.157)

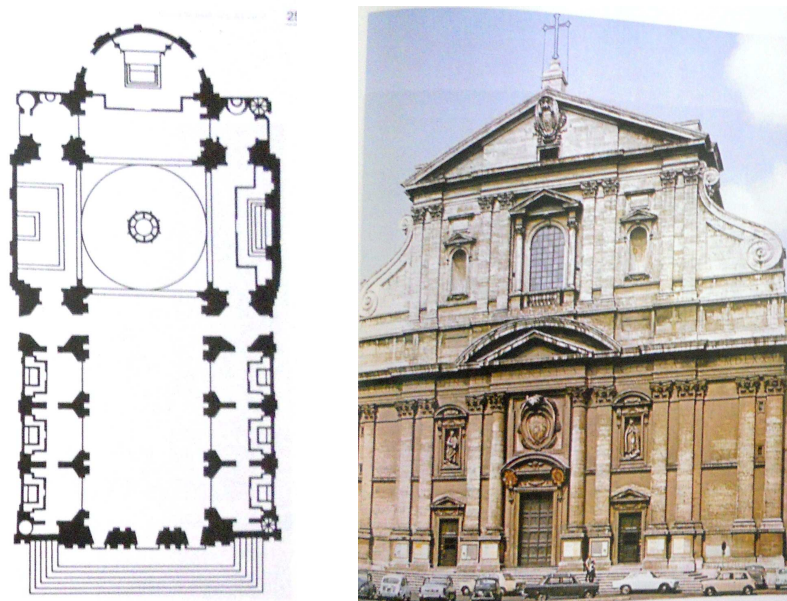


Fig.18 - Vignola, Igreja de Gesù, em Roma, 1568. Planta e Alçado. **Fonte** - Pinto et al. N.º6, p.19.

Apesar de todos apresentarem técnicas construtivas mais elaboradas, os desenhos das janelas e dos nichos, são apenas variantes de um mesmo tema em que só a decoração muda. Em alguns casos até são, simplesmente, janelas falsas para apenas demonstrar o conhecimento da linguagem clássica.

Na Europa apesar da permanência da cultura gótica, o estilo clássico uniu-se às necessidades de cada região, adaptando-se a cada uma delas. Numa primeira fase surge a fusão do renascimento italiano com os castelos-fortaleza do período medieval que, mais tarde apresentam composições mais sóbrias, influenciadas pelos exemplos italianos.

Na Galerie des Glacês (1678-84), no Palácio de Versailles, as generosas janelas de sacada são complementadas com espelhos. As janelas neste momento são definidoras da imagem e da atitude construtiva, permitindo a continuidade do espaço exterior para o interior. (Silva, 2008, p.155)



Fig.19 - Palácio de Versailles. **Fonte** - http://onossograndequintal.blogspot.com/2010_07_01_archive.html, Julho de 2010.

Assim, de acordo com a história a Idade Moderna surgiu no século XV com o período do Renascimento, no século XVI ficamos a conhecer o Maneirismo e mais tarde, nos séculos XVII e XVIII, o Barroco e o Rococó. E, ao longo destes séculos existiram inúmeras variações de janelas que dependeram apenas da capacidade dos métodos construtivos para a sua evolução.

1.1.2.5 Idade Contemporânea: Neoclássico e Romântico

No século XIX, após o término do período Barroco surge o Neoclássico. De uma forma geral a abordagem construtiva alterna-se entre o revivalismo do Romantismo e o academismo da *École des Beaux-Arts*.

Além da arquitectura este século ficou marcado pelas 'reformas urbanas' e pela redução da linguagem neoclássica através das suas construções e traçado das suas janelas. Por exemplo, a reestruturação do centro de Paris, por Georges-Eugène Haussmann (1852-1870), instaurou uma época de grande preocupação frente às dificuldades urbanas instaladas.

Todo o procedimento para a actualização da cidade medieval foi sujeito a variadas alterações – rede viária, rede de esgotos, sistemas hidráulicos canalizados e a reabilitação de edifícios públicos e habitações – todos os edifícios foram criados de acordo com princípios que igualaram a linguagem da cidade.

Os edifícios habitacionais de Haussmann manifestam características idênticas: materiais, altura e contextualização das fachadas. As janelas apresentam-se amplas, modeladas e em quantidade, de acordo com o modelo neoclássico. Surgem com frequência janelas de sacada, protegidas por varandins ou balcões. . (Silva, 2008, p.163)

As janelas eram rasgadas até ao limite, salientando os contornos em pedras de cantaria, cautelosamente cortadas. Presenciou-se a preocupação com pormenores de estilo como variantes deste tema e a fragmentação do 'pano de vidro' em duas partes. No interior o espaço era protegido por portadas de madeira ou por cortinados. Já nos edifícios públicos, a preocupação foi outra. Charles Garnier conseguiu, na Ópera de Paris, apresentar um conceito de estética diferente.

Mais uma vez as janelas são de grandes dimensões, enquadradas na traça das habitações. Já a representação escultórica das pedras de cantaria, ombreiras e pilastras, os balcões de pedra e a decoração surgem com algumas diferenças. O piso nobre, na fachada principal, revela-nos uma galeria repleta de janelas, reproduzidas numa sequência de colunas repetindo os remates das aberturas. Estas alterações nas características revelam uma mudança na tradição, oferecendo importância a edifícios que não são de carácter religioso.

Entretanto, evoluem os esboços do Romantismo como um reflexo contrário ao racionalismo neoclássico. O estilo romântico teve por base o aproveitamento das referências do passado como a beleza da ruína, o encantamento pelas decorações exóticas e a melancolia do período medieval.

O 'estilo' foi um dos factores que mais preocupou o romantismo, em muitas situações deparamo-nos com uma divisão entre a arquitectura e a sua caracterização estética e estilística.

Os palacetes burgueses e as novas habitações são dos exemplos que mais se evidenciaram nesta arquitectura. Revelam-se como reproduções dos palácios nobres, sem

qualquer componente de novidade construtiva e por vezes sem organização. (Silva, 2008, p. 164/165)

As edificações tinham um vago conceito arquitectónico, possuíam estruturas simples e incluídas nas técnicas construtivas já conhecidas. As paredes tinham simples aberturas para janelas e portas que mais tarde seriam decoradas com referências históricas, apenas para existir algum motivo decorativo. Podem distinguir-se e valorizar alguns elementos orgânicos mas, entendem-se mais como uma recuperação e resumo de estilos passados, adaptados às fachadas e compartimentos.

Em Portugal, temos como exemplo deste estilo o Palácio da Pena, mandado construir por D. Fernando II e o Barão Von Eschwege, em 1839/49. Assente em ideias românticas, este castelo ostenta em termos decorativos pormenores orientais, chineses, indianos, moçárabes e mudéjares. No entanto, num contexto geral, apresenta-se como uma referência arquitectónica dinâmica e complexa, uma síntese de várias experiências construtivas inseridas na paisagem organicamente.

A corrente dos *neos* marca, particularmente, a representação das aberturas. No romântico a janela adopta qualquer formato, do clássico ao medieval sendo a imaginação o limite. Mas a decoração supera, ainda assim, a forma. Possuindo ornamentos como animais, pilares, colunas, pilastras, elementos geométricos, elementos vegetais/orgânicos, arcos, entre muitos mais.

No entanto, sendo este período uma referência aos revivalismos e características antigas, não nos podemos esquecer da criação de uma janela em particular – a “janela de hospital” (Silva, 2008, p. 172) – surgiu pelas motivações higienistas¹ dos XVIII e XIX. Até aqui ainda não tinha surgido uma verdadeira preocupação com a circulação de ar em termos de higiene.

Desencadeou um conceito inovador em que a janela pretendia ter uma melhor eficácia perante a circulação de ar, em toda a divisão, e uma melhor admissão de luz natural. Sendo uma janela com uma função muito própria todas as características decorativas foram deixadas de lado.

Os únicos elementos são as pedras de cantaria, que limitam o contorno, e está dividida em várias partes, horizontalmente, para que cada uma possa ser aberta de forma independente das outras. Apresentam um traçado recto, para que a ventilação superior das salas fosse mais eficiente. (Silva, 2008, p.173)

¹ Movimento que surge da necessidade de criar condições de higiene tanto em ambientes fechados – habitações, hospitais, etc – como nas próprias ruas da cidade. A fim de evitar a propagação de doenças e epidemias, através do tratamento das águas, iluminação e ventilação dos espaços. (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Higienismo>)

1.1.2.6 Século XX: Arquitectura do ferro e do vidro

Já na segunda metade do século XIX a arquitectura 'genuína' – proveniente das escolas de Belas Artes – desenvolvia-se de acordo com os conceitos estéticos da época romântica, recorrendo aos antigos estilos e revivalismos até ao final do século.

Neste século houve uma expansão demográfica, do urbanismo, da indústria, dos transportes e de novidades na área da construção – novas infra-estruturas e materiais e a construção em altura. Todas as construções eram pensadas para a função que iam cumprir, havendo assim uma maior rentabilidade no trabalho.

Nos finais do século XIX as novidades construtivas, produto do uso em abundância do vidro e do ferro, proporcionaram os meios materiais necessários para a introdução de novas disposições harmoniosas da janela, revelando a 'janela autónoma'. A aplicação do ferro, como novo sistema estrutural, levou obrigatoriamente à ampliação dos vãos e da transparência das edificações, originando a uma quebra no ritmo metódico das fachadas que acontecia, principalmente, pela tradicional construção em alvenaria. Neste momento criaram-se todas as condições para um processo de experimentação rigorosa na arquitectura, assente na capacidade de uma nova dimensão dos vãos e aberturas. O desenvolvimento em conjunto da indústria do vidro, que substituiu o uso do papel oleado, concebeu as condições para as extraordinárias experiências realizadas pelos modernistas, concluindo o ciclo histórico da evolução da construção de alterações da janela.

Durante um vasto período de tempo espalhou-se a ideia de que as inovações tecnológicas na arquitectura indicavam a obtenção de maiores vãos representando uma importância estética, baseada no conceito de leveza. Um dos maiores e melhores exemplos das referidas inovações é o Palácio de Cristal, em Londres (1850-51), de Joseph Paxton, que se tornou no exemplo máximo da transparência numa construção. (Pinto et al, 9, p.68)



Fig.20 - Joseph Paxton, Palácio de Cristal, Londres 1850-51. **Fonte** - Pinto et al. N°9, p.73.

A permeabilidade visual permitida pela transparência do vidro é uma representação física do sentimento moderno, este período nutriu uma autêntica admiração pelo vidro.

A transparência e a abertura desta nova arquitectura apontavam para uma sociedade sem classes sociais e revolucionária, fundamentada na flexibilidade e pela emancipação dos seus apoiantes. Esta arquitectura, seguindo o raciocínio de outros pensadores (Benjamin), adapta-se ao processo de ruptura do estilo burguês deste momento, é vista como uma estrutura capaz de direccionar as pessoas para que se comportem de forma necessária e adequada a esta nova sociedade.

Cada vez mais o 'nosso' modo de construir e viver os espaços tem influenciado o desenvolvimento e uso da iluminação. A própria história da iluminação esteve sempre condicionada a esse factor. Tentou-se através da iluminação o apoio para a realização de novas formas e espaços, pelo uso de materiais inovadores: o aço, o vidro e o betão.

A quebra na relação entre produção de arquitectura e concepção, gerada pela Revolução Industrial, anteriormente com uma perspectiva mais unida, leva-nos a realizar a obra arquitectónica de uma forma desagregada.

O compromisso entre as necessidades humanas ditadas pelas condicionantes climáticas, a técnica construtiva e o material empregue, sofreram uma ruptura como consequência desse facto. Quebrou-se, assim, a relação directa entre a arte e a técnica, prejudicando principalmente a qualidade da própria arquitectura.

O ser humano deve gerir a tecnologia a fim de atingir os seus objectivos para criar arquitectura, como uma ferramenta para a realização dos seus desejos.

Nesta época surgiram, com o desenvolvimento social e económico ocorrido no século passado, novas tipologias de edifícios: escolas, fábricas e hospitais. A principal diferença, relativamente à iluminação, foi a criação de espaços amplos onde muitas pessoas precisavam desempenhar tarefas visuais ao mesmo tempo, facto que até aqui ainda não tinha ocorrido.

Os novos requisitos de iluminação para o dia e para a noite foram preenchidos pela evolução das técnicas construtivas da iluminação eléctrica e do vidro. A iluminação eléctrica como fonte de energia eficiente só se afirmou posteriormente, independentemente de os problemas associados à iluminação terem sido cada vez mais estudados, com os progressos científicos do século anterior.

A auto-afirmação de uma organização social obriga um enorme desenvolvimento em praticamente todas as áreas do conhecimento. Esta foi uma das características do período pós-revolução industrial no século XX, a época das modificações estruturais mais agressivas. Relativamente à iluminação, foi necessário responder aos requisitos da

produção que ocorreram nos escritórios, indústrias e ruas. Visto que, em quase todas as cidades a iluminação se revelou um elemento imprescindível.

Em maior parte das construções contemporâneas a iluminação é encarada mais como um aspecto funcional, o uso da luz acaba por ser condicionado à criação de bons ambientes de trabalho. Vendo a questão por essa perspectiva, podemos considerar essa capacidade como um sinónimo de eficácia. Actualmente, na relação com a iluminação, são quase sempre apresentadas provas relacionadas com a produção de uma determinada actividade. Quer isto dizer que a iluminação, natural ou artificial, só é tida em consideração por questões de desempenho correcto das actividades do homem em determinado ambiente de trabalho. Para que este seja mais eficaz, sem grande margem para erros, fazendo com que haja uma maior produtividade.

De facto, verificamos que o maior desenvolvimento no campo da iluminação artificial se deu inicialmente no sector industrial. Ainda nos dias de hoje, quando se trata de escritórios ou indústria, as preocupações com a iluminação são geralmente mais rigorosas. Interessando-se menos por outras actividades, como as escolas ou as habitações. Esta situação pode levar-nos a acreditar que o desenvolvimento das boas condições de iluminação está apenas relacionado com interesses económicos.

Surgiu, assim, uma arquitectura que pretendia dar resposta ao estilo de vida destes novos tempos, que se tornava cada vez mais exigente nas áreas relacionadas com a construção – ventilação, conforto, higiene e iluminação.

Foi no atelier de Behrens que o, então, jovem arquitecto Walter Gropius deu a conhecer os princípios básicos da sua arquitectura: o uso racional de novos materiais, especialmente, o vidro e o ferro; o desenvolvimento de novas 'formas espaciais', pensando sempre na função do espaço; pesquisa sobre estruturas em aço e ferro; e a troca de paredes cegas para paredes totalmente feitas de vidro.

Esta 'escola' também foi frequentada por Le Corbusier que nos apresentou o seu estilo 'internacional' de Arquitectura.

Depois da Segunda Grande Guerra, Le Corbusier interessou-se pela arquitectura mais expressiva, deixando as superfícies externas com um aspecto imperfeito conseguido através do uso do betão.

A arquitectura portuguesa, na década de 50, é marcada pelo aparecimento de novos bairros como, por exemplo, o Bairro de Alvalade, em Lisboa, entre outros.

No Porto, nos anos 60, o estilo modernista manteve-se devido ao empenho de alguns arquitectos apoiados pela burguesia.

E o mesmo se passou nas colónias, em que os edifícios do estado tinham de seguir a arquitectura do Estado Novo e os privados apresentavam um estilo influenciado por Le Corbusier.

Durante os anos 70, pelo aumento das encomendas imobiliárias notou-se marcado progresso, fomentado também pelo investimento e pela necessidade de alojar os milhares de retornados das colónias que regressaram a Portugal. Depois do 25 de Abril, em 1974, volta o espírito criativo em que alguns dos mais conceituados arquitectos portugueses – Souto Moura, Siza Vieira, entre outros – tornaram a arquitectura nacional mais apreciada e reconhecida.

Voltando a Le Corbusier, para este a janela exemplificava as vantagens que a industrialização forneceu ao mundo da construção. O arquitecto deu uma ‘nova forma’ à janela e assim surgiu uma ‘nova arquitectura’.

Com a utilização do betão nas construções o vão da janela podia prolongar-se até onde se pretendesse de acordo com um módulo criado para que se aproveitasse ao máximo a abertura, em relação à ventilação, iluminação e visibilidade.

Assim, a janela simboliza um novo período de evolução para a arquitectura.

A janela alcança cada vez maiores dimensões, tendo uma relação cada vês mais próxima com os panos de vidro e a parede. Esta foi uma das características do século XX.

“Tanto a *fenêtre en longueur*, como a parede cortina simbolizavam uma nova percepção do espaço e do mundo, numa nova relação entre interior e exterior. Mas na realidade a *fenêtre en longueur* expunha menos o Homem, remetendo o seu olhar para um perímetro visual contínuo.” (Silva, 2008, p.207)

Le Corbusier esforçou-se por acentuar a importância da janela na história da arquitectura. Propôs fachadas reticuladas, janelas corridas, panos de vidro ou simples aberturas. A sua ideia foi adaptar a iluminação às funções de cada espaço através das várias formas que a janela pode ter.

O arquitecto, nos projectos para habitações, prefere a ‘janela corrida’ horizontalmente ou simplesmente largas janelas que tornam o espaço interior rico em iluminação. Existindo sempre a preocupação em cumprir o programa proposto e em proporcionar um conforto térmico.

Diante de tantas soluções de iluminação surgem os problemas da evolução da janela – ventilação, incidência de raios solares e materialização. Assim, Le Corbusier fez acompanhar as suas janelas de elementos protectores que tentam dissolver este problema.

Desenvolveu um sistema a que chamou de *brise-soleil*, que através da utilização de palas ou balcões resultam numa fachada em que o vão está protegido do sol directo.

Tornou-se comum a presença de fachadas compostas por ‘buracos’, em que o plano da janela se encontra recuado criando também varandas mais intimistas. É de salientar que todo este processo varia de acordo com a orientação solar do edifício, para que a iluminação se torne confortável consoante a função atribuída ao espaço.

Le Corbusier, através das suas janelas, marcou a modernidade da arquitectura. Desenvolveu sistemas que mereceram ser estudados e aperfeiçoados pelos arquitectos seguintes.

1.2 Casos de Estudo: século XIX e XX.

Nos pontos anteriores já foram apresentadas as principais características das arquitecturas de várias épocas, relativamente à iluminação natural, à importância da janela e dispositivos de iluminação, assim como referidos alguns dos arquitectos e obras que marcaram profundamente cada estilo.

Entendeu-se que o século XIX e XX foram os que mais inovações e transformações sofreram a níveis arquitectónicos. Sendo assim, para uma melhor compreensão das diferenças e evolução da arquitectura no decorrer destes séculos, vão ser analisados alguns dos edifícios marcantes desses períodos da história.

Escolheram-se dois dos edifícios já referidos neste Capítulo: Palácio da Pena, em Portugal; Palácio de Cristal, em Londres e um terceiro ainda não referenciado, a Casa da Cascata (*Fallingwater*), de Frank Lloyd Wright. São exemplos que demonstram bem as características de cada período e a evolução a níveis técnicos, construtivos, conceptuais e materiais destes dois séculos. Percorremos o Romantismo do século XIX até à Idade do Ferro e do Vidro do século XX.

1.2.1 Palácio da Pena – Romantismo em Portugal

Como já foi referido o Palácio da Pena é um dos exemplos, em Portugal, que melhor caracterizam a arquitectura na 1ª metade do século XIX – período Romântico.

De acordo com os depoimentos do ex-director do Palácio da Pena, José Martins Carneiro, encontrados no documentário de Adriana Sousa Duarte (Duarte, 2010) sobre a arquitectura, e não só, do referido Palácio, ficamos a conhecer melhor as suas características.

Segundo consta, depois da visita de um príncipe alemão/austriaco a Portugal, este consegue adquirir as ruínas do antigo convento com a intenção de aí construir um Palácio, a

sua residência de Verão, mas com uma ideia de jardim completamente diferente do que existia no país no século XIX. Estamos a falar de D. Fernando de Saxe Coburgo-Gota, segundo marido de D. Maria II. Para isso contrata um seu conterrâneo alemão engenheiro de minas, também amante de arquitectura, o Barão Von Eschwege. (Duarte, 2010)



Fig.21 - Palácio da Pena, Serra de Sintra, Portugal.

Fonte - <http://www.tourguidinginp.blogspot.com/>. Dezembro de 2011.

Primeiro foi recuperado o Mosteiro, tendo como objectivo a construção do novo palácio mas o projecto estendeu-se até ao largo onde, em 1841, estava o adro da igreja. Ainda assim, em 1842, foi projectado um prolongamento construído de raiz, sendo iniciadas as suas obras em 1844. No alto da Serra de Sintra, num terreno composto por enormes rochedos, conseguimos distinguir claramente o Palácio (pintado a amarelo) do Convento (pintado a cor-de-rosa).

De acordo com J. M. Carneiro, a existência do Convento veio condicionar a construção do Palácio, tornando a sua planta assimétrica e complexa. Foi também limitada pela topologia, dando origem a um corpo de forma quadrangular distribuído em torno de um *claustro*, e a outro mais rectangular. A geometria também está presente através das torres circulares, semicirculares, quadradas ou modeladas de várias alturas, dando assim algum movimento às fachadas. (Duarte, 2010, I - parag.6/7/8)

Foi mantida toda a estrutura inicial – básica, no entanto praticamente todos os vãos foram sujeitos a pequenas alterações. A torre cilíndrica mais pequena, que se encontrava junto à maior, foi transportada para a parte traseira do edifício. No arco de entrada principal, foi atribuída uma decoração com referências marinhas, imitando corais em relevo. Na janela,

bow window (janela saliente), situada por cima do arco, foi instalada a figura de um ser híbrido (homem-peixe). Este parecia sair de uma concha e tinha a cabeça repleta de cabelos que rapidamente se transformam numa espécie de “tronco de videira”. Esta ‘estranha’ personagem também já tivera sido representada no Convento de Cristo, em Tomar, como um *homem barbado*.

Da reunião destes elementos decorativos, o arco de entrada ficou conhecido por *Pórtico do Tritão*. Teve como objectivo a alegoria da *criação do Mundo*, representando em si a simbologia dos *quatro elementos* (água, terra, fogo e ar). (Duarte, 2010, I - par.9/10)



Fig.22 - Arco de entrada. **Fonte** - <http://joaquimnery.wordpress.com/2011/01/03/sintra-e-o-palacio-da-pena/>. Janeiro de 2012.



Fig.23 - Pórtico alegórico da criação do mundo. **Fonte** - <http://viajarso.blogspot.com/2011/02/palacio-da-pena.htm>. Janeiro de 2012.



Fig.24 - Personagem híbrida do Pórtico do Tritão. **Fonte** - <http://viajarso.blogspot.com/2011/02/palacio-da-pena.html>. Janeiro de 2012.

Avançando na mesma análise ao passarmos para o interior do Palácio apreciamos no cimo das escadas, formadas em ‘U’, o *claustro* do convento. É um espaço que transmite tranquilidade envolvido por arcos abobadados. Possui dois pisos, no primeiro os arcos são perfeitos e no segundo são *abatidos*. Envolvendo este espaço encontram-se algumas das salas de maior importância do Palácio, tendo sido preservada quase intacta a atmosfera original. De seguida encontramos a copa, que nos leva à sala de jantar da família real. Uma das suas características é o tecto ainda do século XVI, da época dos frades Jerónimos.

Continuando deparamo-nos com os aposentos e o atelier de pintura do rei D. Carlos I. Posteriormente, surge de planta em ‘L’ uma cela dos antigos monges, com o coro e a sacristia. (Duarte, 2010, III - par.1) No piso superior encontramos as celas antigas que se transformaram nos quartos da família real. Primeiro o quarto das Damas de companhia, com estuques admiráveis e depois o quarto do Veador, também com estuques notáveis de temas florais. Passamos para o quarto da rainha D. Amélia, com a decoração que nos

transporta para uma sala árabe. Prosseguindo pelos 'caminhos' do Palácio, encontramos o quarto de vestir da rainha, a sala de estar da família real e o escritório da rainha. (Duarte, 2010, III - parag.5)

Chegamos então à sala Árabe, repleta de pinturas que lhe concedem relevo e profundidade devido à sua reduzida dimensão. Dos aposentos privados da rainha, faz parte um terraço com acesso por um átrio ou pela sua sala de estar. É através deste terraço que interiorizamos a relação directa que existe entre o interior e o exterior do Palácio e da extensa paisagem verde que a abraça. (Duarte, 2010, III - parag.8)

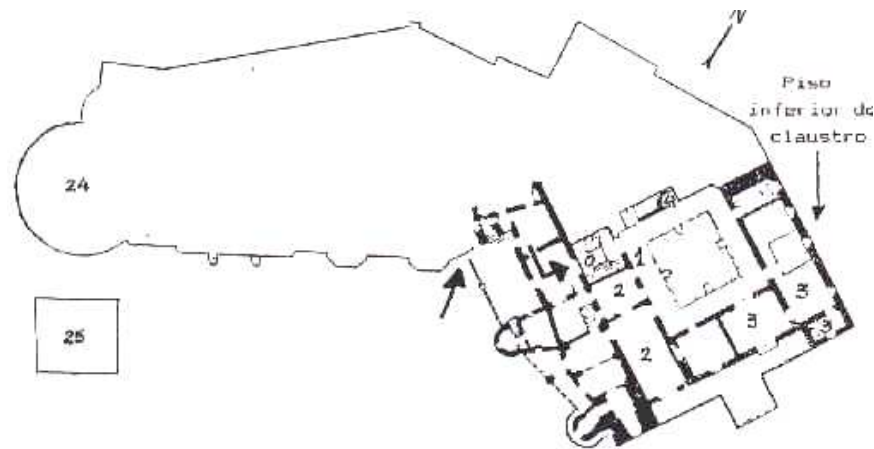


Fig.25 – Planta do Palácio da Pena, piso inferior: 0. entrada; 1. claustros; 2. copa e casa de jantar privada; 3. aposentos do rei D. Carlos; 4. capela de S. Jerónimo (Convento); 24. sala dos veados; 25. cozinhas.

Fonte - <http://sintramaia.no.sapo.pt/palaciodapena1.htm>. Dezembro de 2011.

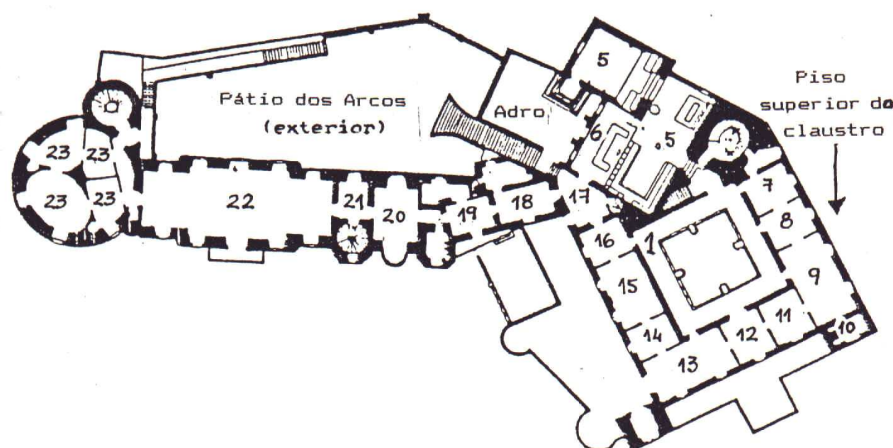


Fig.26 – Planta do Palácio da Pena, piso superior: 1. claustros; 5. capela; 6. sacristia; 7. primeiro quarto das damas; 8. segundo quarto das damas; 9. quarto da rainha; 10. toilette da rainha; 11. quarto de vestir da rainha; 12. sala de costura; 13. sala de estar privada da família real; 14. escritório da rainha; 15. sala árabe; 16. sala verde; 17. átrio de acesso ao terraço da rainha; 18. primeira sala de passagem; 19. segunda sala de passagem; 20. sala indiana; 21. sala de recepção; 22. salão nobre; 23. aposentos do rei D. Manuel II. **Fonte** - <http://sintramaia.no.sapo.pt/palaciodapena1.htm>. Dezembro de 2011.

Para facilitar a sua interpretação o Palácio foi repartido, estruturalmente, por quatro áreas principais:

- O *Corpo*, que foi completamente restaurado do antigo convento, encontra-se no cimo do penedo totalmente 'ameado' com a torre do relógio;
- A *Zona Palaciana*, que possuía um *baluarte cilíndrico* de grandes dimensões com uma decoração interior ao nível do mobiliário e adornos num estilo *Cathedral*;
- O *Pátio dos Arcos*, situado em frente à capela e com a sua parede repleta de arcos com inspiração mourisca;
- A *Couraça e Muralhas circundantes*, que tinham como função fortalecer o perímetro do Palácio através de duas portas, sendo uma delas composta por uma *ponte levadiça*.



Fig.27 – *Pátio dos Arcos*, Palácio da Pena. **Fonte** - [http://it.wikipedia.org/wiki/File:Pal%C3%A1cio-da-Pena_P%C3%A1tio-dos-Arcos_\(OUT-07\).jpg](http://it.wikipedia.org/wiki/File:Pal%C3%A1cio-da-Pena_P%C3%A1tio-dos-Arcos_(OUT-07).jpg). Janeiro de 2012.



Fig.28 – Palácio da Pena. **Fonte** - <http://traveling-living.blogspot.com/2010/04/7-maravilhas-de-portugal.html>, terça-feira, 13 de Abril de 2010. Janeiro de 2012.

Este Palácio possui imensos elementos decorativos e estruturais, tais como, as fachadas que são compostas por vãos rectangulares, quadrangulares e de arco perfeito e por *torçais* ou *bocéis* com aberturas relativamente regulares. (Duarte, 2010, I - p.13)



Fig.29 - Torre do Relógio, Palácio da Pena. Fonte - <http://noseahistoria.files.wordpress.com/2011/05/romantismo-na-arquitetura.pdf>. Janeiro de 2012.



Fig.30 – Arco neomourisco, Palácio da Pena. Fonte - <http://noseahistoria.files.wordpress.com/2011/05/romantismo-na-arquitetura.pdf>. Janeiro de 2012.

A azulejaria existente em quase todo o Palácio, nomeadamente na fachada principal possuem um padrão policromo e foram obra de Wenceslau Cifka. Praticamente todas as torres são possuidoras de cúpulas, vimos ainda em realce no corpo de forma quadrangular as diversas arcadas descontínuadas sobre o *murete*. (Duarte, 2010, I - parag.15)



Fig.31 – Azulejos de Wenceslau Cifka. Fonte - <http://noseahistoria.files.wordpress.com/2011/05/romantismo-na-arquitetura.pdf>. Janeiro de 2012.

Constamos que, outros dos elementos fascinantes deste Palácio são os Vitrais, distribuídos principalmente pela Igreja, *Janela do Coro* e *Janela da Nave*, e pelo Salão Nobre.

Segundo o estudo de Nuno Miguel Gaspar (Gaspar, 2011), na Capela os vitrais resumem a proveniência do mosteiro, com uma alegoria à história de Portugal. São, na

Janela da Nave, apresentadas figuras como a Virgem, D. Manuel I, Vasco da Gama e São Jorge (Fig.32). (Gaspar, 2011, p.53)

Já na *Janela do Coro*, é representado um momento de refeição entre dois Santos e Cristo, mais conhecido como a *Ceia de Emaús*. (Gaspar, 2011, p.56)

Passando para o *Salão Nobre*, compõem-se por três janelas abertas a noroeste do corpo central. Os conjuntos abrangem vitrais originários de várias épocas e países da Europa. Os temas são os mais variados como figuras florais e animais (aves), momentos históricos, a vida de Cristo e ainda cenas heráldicas, representadas em todas as janelas. (Gaspar, 2011, p.57)

Relacionando estes elementos com os elementos de estudo deste trabalho – a janela e os dispositivos de iluminação natural – o vitral traduz-nos a relação que existiu com a luz, nesta obra. As cores que possui dão às imagens nele pintadas, em conjunto com a luz proveniente do exterior, uma atmosfera misteriosa ao espaço. Talvez uma das inspirações *neogóticas*, em que as catedrais eram envolvidas numa luminosidade quase sombria. Quase todas as janelas deste Palácio eram, também, motivo de simbologia para determinados feitos ou até referentes a outros monumentos, para além dos vitrais que poderiam fazer parte delas, como na já referida *bow window*.



Fig.32 - Vitral da nave central da Igreja do Palácio da Pena. (o rei D. Manuel I segura num 'pequeno' Palácio da Pena; Vasco da Gama no regresso da Índia com os navios ao fundo; S. Maria e S. Jorge; A *heráldica* da casa de Saxe Coburgo Gotha e da casa de Portugal. **Fonte** - http://parquedapena.no.sapo.pt/vitral_capela_palacio_pena.htm. Janeiro de 2012.

Esta é dos mais belos exemplos do período romântico, neste caso em Portugal. Com as características que melhor o representam, tais como:

“(…) a irregularidade da estrutura espacial e volumétrica [doc.65], o sentido orgânico das formas [doc.64], os efeitos de luz, o movimento dos planos, o pitoresco na decoração... em resumo, características que provocassem encantamento e evasão, estimulassem a imaginação e os sentidos, convidassem ao sonho, evocando realidades diferentes, distantes ou imaginárias. Defendeu, por

isso, que a arquitectura, tal como as outras artes plásticas, **deveria ser capaz de provocar sensações, motivar estados de espírito, transmitir ideias**. Era, como o disseram os seus teóricos, a passagem 'da forma *medida* (neoclássica) para a forma *sentida* (romântica)'. (Pinto et al - 8, pag.34)

Continuando a apoiar-nos nos depoimentos de J. M. Carneiro (Duarte, 2010), este período tem um estilo bastante próprio e definido. Foi a época dos *neos*, que aqui se evidenciaram de forma muito hábil. Todo o edifício está repleto de significados desde o passado medieval, greco-romano e até egípcio, com detalhes *vegetalistas e animalistas*. Verificamos que os materiais usados são de costume português: mármore, alvenaria e mais tarde nos rebocos uma inovação técnica. Trazida pelo Barão Von Eschwege, a *técnica das manilhas*, mais concretamente baseava-se no uso de vasos de barro invertidos que assim sustentavam a argamassa como uma ventosa criando estruturas bastante leves. É notório que uma das particularidades deste Palácio é a sua localização no cimo da Serra de Sintra, permitindo uma vista ampla para a sua paisagem envolvente.

Como afirma José Martins Carneiro, "todo o monumento é uma homenagem a Portugal e à sua expansão no Mundo." (Duarte, 2010) É uma construção repleta de *revivalismos*, como o *neomanuelino*, em que se enalteciam os tempos dos descobrimentos; o *neogótico*, nos edifícios de carácter religioso; os *exotimos*, representados na corrente *neoárabe* com as suas influências orientais. (Pinto et al - 8, p.66/68)

Reflectindo sobre esta análise concluímos que muito pouco se refere à janela. Mas como já foi admitido, num ponto anterior, a janela no período Romântico assume a forma das várias correntes anteriores – do medieval ao clássico. A sua representação é baseada dentro do conceito dos *neos*, sem grandes evoluções a nível técnico. Mantiveram os princípios adquiridos nos períodos anteriores, como por exemplo a relação interior/exterior decorrente da necessidade de relação com o ambiente envolvente. Neste edifício a presença da janela é marcada essencialmente pela excessiva ornamentação, através de elementos orgânicos, animais, geométricos, etc., pelos vitrais e as suas representações iconográficas e pela própria simbologia que poderiam transmitir.

1.2.2 Palácio de Cristal, Londres

O Palácio de Cristal, em Londres foi o pavilhão onde se realizou a 1ª Exposição do Mundo no ano de 1851. Joseph Paxton foi o seu criador e através desta obra conseguiu a aprovação dos novos materiais e sistemas construtivos, até então ainda não totalmente aceites. (Pinto et al - 9, p.72)

De acordo com os esboços apresentados (Fig.33), verificou-se a preocupação de estudar a forma do pavilhão. Surgiram algumas alterações como o acrescento do *transepto abobadado*, finalizando assim o desenho. (Garone et al, 2008, p.5)

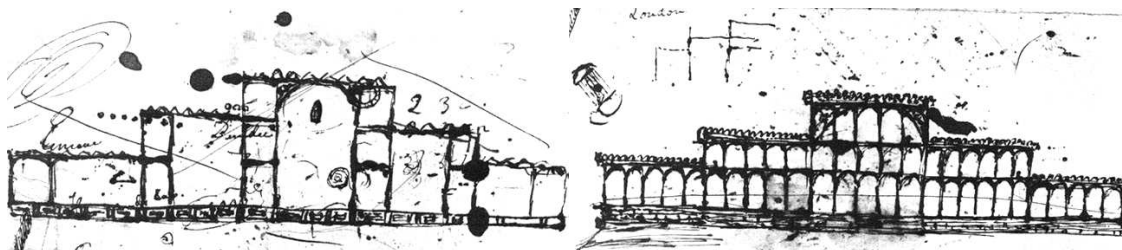


Fig.33 - Primeiros rascunhos de Paxton. **Fonte** - Garone et al, 2008, p.5

Sendo este edifício inicialmente temporário, apenas para determinado evento, e tendo Paxton a experiência de jardineiro, inspirou-se nos pavilhões usados como estufas, quer a nível material como estrutural. Foi produzido em ferro e vidro, em *módulos standard* pré-fabricados erguidos apenas no local da obra. O pavilhão atingiu cerca de 30m de altura, 124 de largura e 563 de comprimento, executado em apenas seis meses. O seu fabrico e construção tornaram-se bastante económicos, tendo em conta a possibilidade de ser completamente reutilizado.

Todos os elementos da estrutura deste edificado foram interligados por uma *rede modular* composta por uma malha de 2,44m, com cerca de 71,793m² de zona coberta, equivalente a 2.224 vigas de ferro e 3.300 colunas, que eram seladas por 300 mil painéis de vidro. (Külh, 1998 in Garone et al, 2008, p.2)

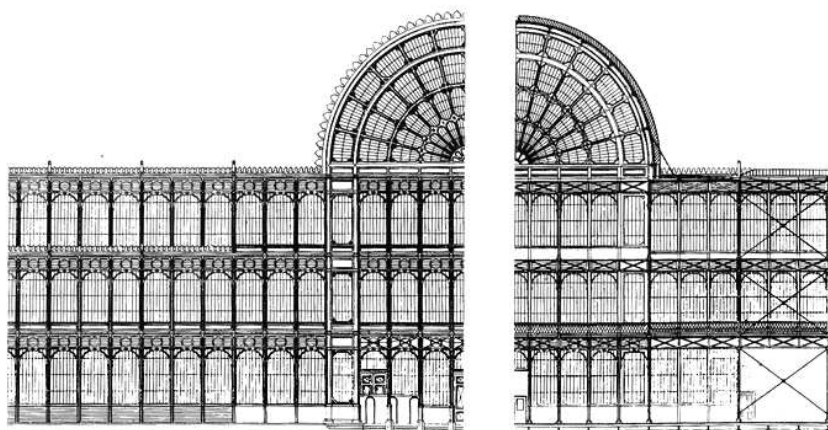


Fig.34 - Estrutura do Palácio de Cristal. (Bürdek, 2006). **Fonte** - Garone et al, 2008, p.6.

Esta construção foi das primeira a ter *auto-suporte* em ferro fundido, a primeira no uso de paredes em cortinas de vidro e na edificação em peças pré-fabricadas. (Darby, 2002

in Garone et al, 2008, p.6) Os únicos elementos em madeira foram as canaletas do tecto. O dimensionamento e peso das peças pré-fabricadas facilitaram o seu manuseamento o que contribuiu para a sua rápida execução. Os limites em ferro fundido, dos painéis de vidro, revelavam um avanço tecnológico pela presença de *tensores* em cada painel pré-fabricado, conferindo-lhe um ar contemporâneo. (Garone et al, 2008, p.6/7)

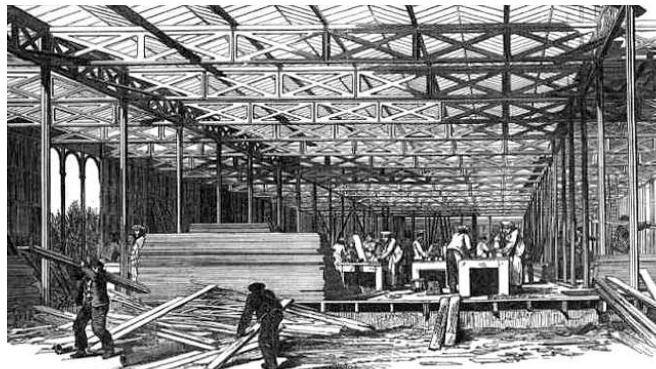


Fig.35 - Peças padronizadas. **Fonte** - <http://www.victorianweb.org/history/1851/37.html>. Janeiro de 2012

Joseph Paxton tornou esta construção numa obra de sucesso também a nível estético. Pela orientação do decorador Owen Jones, a sua estrutura metálica foi pintada a azul e vermelho. Cerca de seis milhões de visitantes renderam-se ao encanto da luminosidade interior, permitida pelas sucessivas placas de vidro transparente. (Pinto et al - 9, p.74) Conseguiu criar um espaço sem a limitação de interior e exterior, um ambiente amplo e iluminado. “(...) mais do que construir um edifício, parece ter delimitado um espaço em que *‘qualquer materialidade se confunde com o ar’* (...)”. (Burón, 1992, p.45-47 in Pinto et al - 9, p.74)

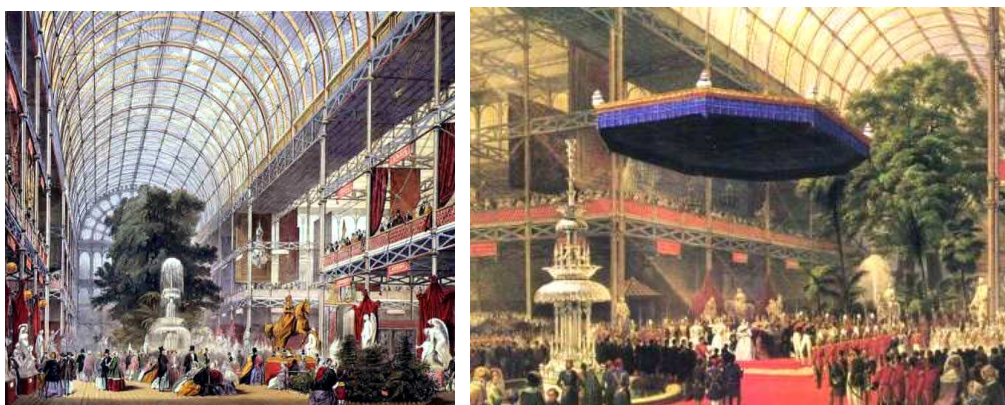


Fig.36 – Interior do Palácio de Cristal, Londres. **Fonte** - <http://www.victorianweb.org/history/1851/37.html>. Janeiro de 2012

Comparando este exemplo de arquitectura da segunda metade do século XIX com o exemplo anteriormente apresentado (Palácio da Pena, primeira metade do século XIX),

verificamos já a enorme evolução dos conceitos e técnicas aplicadas. Ao longo deste período foi-se aceitando a presença de materiais como o ferro, vidro e betão, nos processos construtivos, resultado da industrialização e progresso da engenharia. A sua aplicação resultou na libertação das paredes (fachadas), (Pinto et al - 9, p.74) permitindo um desenvolvimento de novos conceitos estéticos, para estruturas leves, simplificando os volumes e permitindo a entrada de luz e ar. Criava-se cada vez mais uma relação bastante próxima entre o interior e o exterior, passando a dar-se principal importância à singularidade dos elementos estruturais que aos elementos decorativos. (Pinto et al - 9, p.76)

Percebemos desta breve análise que os conceitos de transparência, ou mesmo de iluminação começavam a ganhar outra dimensão. Neste caso talvez possamos considerar que o edifício estava 'fornado' de janelas, ou melhor de dispositivos de iluminação natural, e consequentemente, a inexistência de barreiras visuais para o exterior. Estava a preparar-se a entrada da arquitectura Moderna, deixando de lado todos os *revivalismos*, *ecletismos* e *exotismos* típicos do início desse mesmo século.

1.2.3 Casa da Cascata, Frank Lloyd Wright

Frank Lloyd Wright foi um dos grandes arquitectos dos finais do século XIX e inícios do século XX., deixando-nos variadas obras como casas, escritórios, escolas, etc., que transformaram a arquitectura da sua época. Os seus projectos valeram-lhe o reconhecimento internacional como um dos principais arquitectos da era moderna.

A Casa da Cascata ou *Fallingwater*, como também é conhecida, foi das obras mais representativas da sua arquitectura. Trata-se de uma residência, encomendada por Edgar J. Kaufmann, para uma zona montanhosa com bastante vegetação e uma cascata. Tendo esta referência o arquitecto ousou aproveitar esse elemento quase como parte integrante da casa, iniciando-se assim a sua construção em 1936.



Fig.37 - Cascata antes da construção. **Fonte** - Vêras, 2004, p.4. Janeiro de 2012.



Fig.38 - Estudos iniciais (não variaram muito do projecto final). **Fonte** - Vêras, 2004, p.5. Janeiro de 2012.

Considerando a análise feita por Katia Maria Vêras (2004), este projecto inspira-se na envolvente natural do local escolhido para a sua construção. Através dos principais elementos – vegetação, terreno rochoso e a cascata. A presença dos terraços no nível acima da cascata permitem apreciar toda a paisagem montanhosa.

F. L. Wright procurou inserir nesta residência, através da sua arquitectura, a inspiração *orgânica*. Até os muros recriando as rochas envolventes transmitem uma sensação de protecção, acolhendo a habitação como se fizesse parte da encosta.



Fig.39 - Imagens da Casa da Cascata. **Fonte** - Vêras, 2004, p.12. Janeiro de 2012.



Fig.40 – Imagens do interior da residência. **Fonte** - Vêras, 2004, p.13. Janeiro de 2012.

Baseado na análise de K. M. Vêras (2004) através de alguns esquemas dos alçados, plantas e cortes, é nos permitido entender melhor o projecto.

Relativamente à *estrutura* esta ajuda na circulação e organização dos espaços. As vigas e os pilares são entendidos como elementos definidores do conceito do arquitecto.

De seguida surge-nos a *iluminação natural* que incide directamente através das aberturas dos terraços do piso térreo e do segundo andar e, indirectamente pela janela da zona de estar do piso térreo. As zonas sem terraços são destinadas às áreas de serviços/usos. Esta luz natural influencia a percepção dos volumes da habitação, de acordo com a sua intensidade e qualidade. (Vêras, 2004, p.18/19)

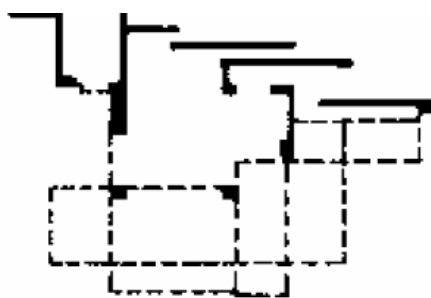


Fig.41 – Esquema *Estrutura*. Fonte - Vêras, 2004, p.18. Janeiro de 2012.

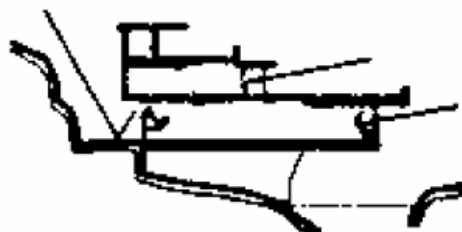


Fig.42 – Esquema *Iluminação Natural*. Fonte - Vêras, 2004, p.19. Janeiro de 2012.

Perante esta análise surge também a relação *repetitivo e singular*, que se podem representar por elementos únicos ou múltiplos. Neste esquema entendemos como elemento repetitivo os terraços e como singular a chaminé. Torna-se repetitivo pelo uso do singular.

Podemos entender como *adição e subtracção* os elementos que acrescentamos ou retiramos a um corpo principal, neste esquema são visíveis os terraços e a chaminé como volumes adicionados.

Particularmente neste edifício a *hierarquia* é dominada pelos terraços e a passagem do interior para o exterior. A *hierarquia* num edifício pode entender-se pela imposição de determinado volume/formas ou a repetição de vários. (Vêras, 2004, p.23/27/28)

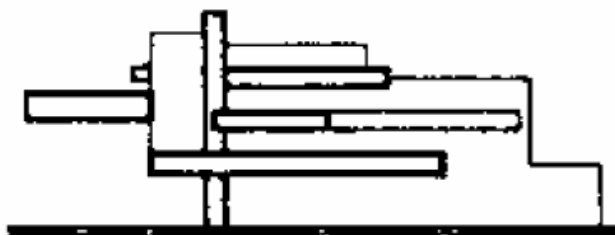


Fig.43 - Esquema de *repetitivo e singular*, *adição e subtracção* e *hierarquia*. Fonte - Vêras. 2004. p.20. Janeiro de 2012.

Geralmente a *planta* determina os espaços e as diferentes actividades neles exercidas. Já o *corte* ou aos alçados permitem-nos entender o edifício a nível volumétrico. Verificamos neste caso que a *planta* e o *corte* se assemelham na sua proporção e contornos. (Véras, 2004, p.21)

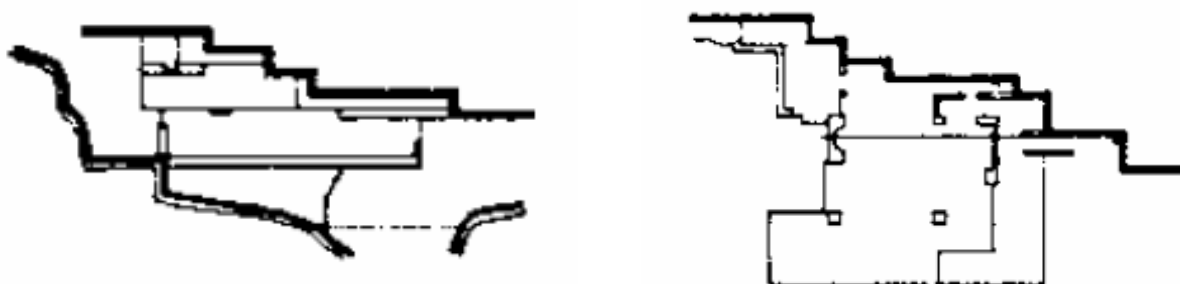


Fig.44 - Esquema da *planta* e *corte*. **Fonte** - Véras, 2004, p.21. Janeiro de 2012.

A *circulação* num espaço funciona como elo de ligação entre ambientes, determina os espaços que serão privados ou não. Pode ser definida por elementos físicos (paredes/corredores/portas) ou apenas indicativa (mobiliário/decoração). Considerando este esquema ficamos com a sensação que a circulação é intuitiva e ampla, não existem elementos que nos limitem fisicamente a passagem. (Véras, 2004, p.22)

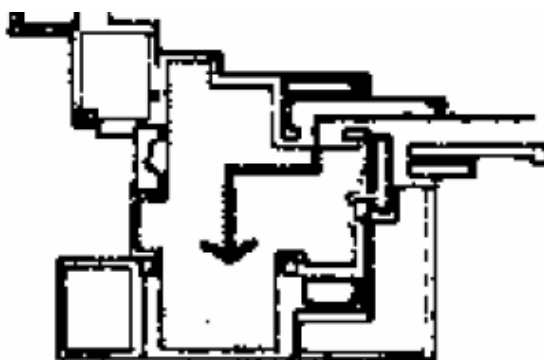


Fig.45 - Esquema de Circulação. **Fonte** - Véras, 2004, p.22. Janeiro de 2012.

Neste caso a *geometria* usada para melhor entender a forma do edifício foi a *retícula quadrada*. Ao longo dos tempos tornou-se num instrumento de desenho indispensável à compreensão das formas no espaço e às suas proporções. (Véras, 2004, p.24)

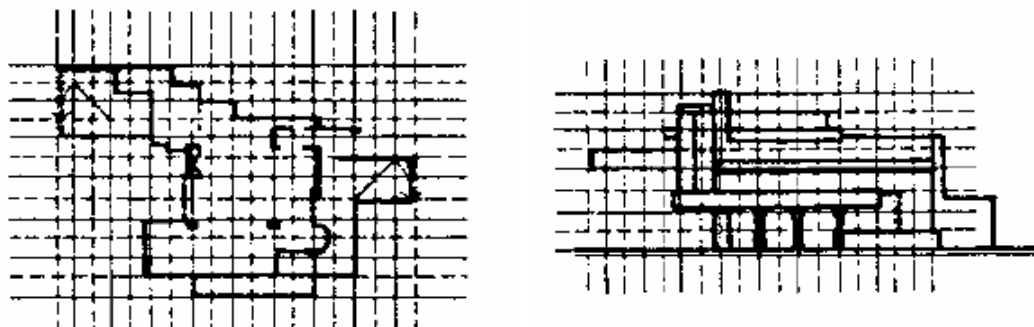


Fig.46 - Esquema de Geometria. **Fonte** - Vêras, 2004, p.24. Janeiro de 2012.

O *equilíbrio* e *simetria* neste projecto são perceptíveis através destes esquemas em que se faz uma divisão pelos espaços menores (fechados) e os maiores (abertos – terraços). Para que exista um equilíbrio entre partes é necessário que elas se dividam de forma equivalente, como é o caso. (Vêras, 2004, p.26)

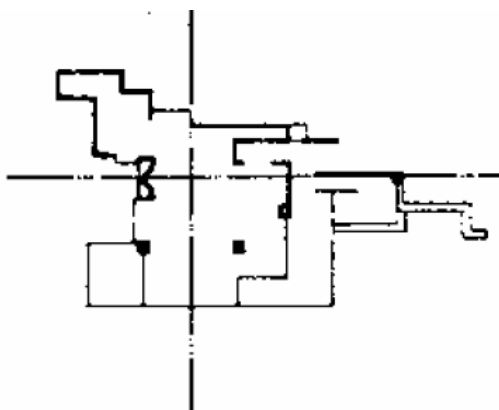


Fig.47 - Esquema de Equilíbrio e Simetria. **Fonte** - Vêras, 2004, p.26. Janeiro de 2012.

Resume-se destes breves estudos que, são notáveis as diferenças desde inícios do século XIX, passando pelo final do mesmo século até ao início do século XX, nas obras apresentadas. A evolução de materiais, técnicas e conceitos arquitectónicos tornam-se cada vez mais evidentes, nomeadamente na volumetria dos edifícios. Passou a dar-se grande importância à forma geométrica pura, à sua representação sem ‘disfarces’ e à iluminação natural, bem como aos dispositivos de iluminação natural – janelas.

No Palácio da Pena já existe uma linguagem geométrica em toda organização do edifício, quer a nível volumétrico como estrutural. Mas a ornamentação exagerada e os pormenores acabam por, de certa forma, a 'dissimular'. Os vitrais e a sua simbologia são a principal característica das janelas deste edifício. A sua decoração e inspiração em passagens históricas foram também uma das preocupações e características, mais até do que a iluminação que a janela em si poderia fornecer. E como já foi comentado este período não sofreu praticamente evoluções construtivas ou técnicas no que diz respeito aos vãos. O *estilo* e sentido estético eram mais importantes na representação da janela.

No Palácio de Cristal, de J. Paxton, os painéis pré-dimensionados de vidro envolvidos por molduras em ferro conferem-lhe uma malha visual quase geométrica. Aqui a principal característica é a transparência do volume que permite uma iluminação natural extraordinária e a percepção do exterior como se não existisse uma separação física. Esta sim, é uma notável evolução e diferença em relação ao que acontecia na primeira metade do século XIX, referenciado no Palácio da Pena.

Na *Fallingwater*, de F. L. Wright, encontram-se todas as características anteriores: a geometria integrada na paisagem, a iluminação natural aproveitada e a relação do exterior com o interior. Através das imagens do interior (Fig.40), percebemos a abundância e qualidade da iluminação natural. Existiu a preocupação em relacionar e enquadrar a residência no ambiente envolvente através das amplas janelas e terraços. Esses terraços além de representarem uma extensão da casa e proporcionarem uma melhor integração e contacto com o ambiente envolvente, também poderão indicar uma preocupação com os sombreamentos. Levando-nos a pensar que os cuidados com o conforto térmico possam também já ter sido considerados.

Como se justificou na introdução à análise destes três exemplos, e como se conclui, o período entre o século XIX e XX foi de facto o que mais alterações sofreu nos avanços tecnológicos e construtivos. O ferro, o vidro e o betão são os materiais que revolucionaram a arquitectura, permitiram construções impensáveis para a época e que levaram à mudança de conceitos.

CAPÍTULO II

2.1 A Iluminação na Arquitectura

A história da iluminação natural surge, como todos sabemos, no início dos tempos, começando pela luz natural que entrava nas cavernas. A sua história, traduz a evolução da arquitectura, do país, do local, da civilização, da cultura, etc., em relação à arquitectura acabou por mudar de rumo no século XX. A arquitectura moderna ficou caracterizada pelo afastamento do estudo da iluminação – essencialmente artificial – para a área da engenharia. Passando a ter, apenas, um valor de utilidade a luz do dia deparou-se com uma concorrente – a luz artificial.

Esta mudança da importância da luz na arquitectura aconteceu devido à revolução que a ciência moderna e tecnológica provocaram na nossa percepção visual do mundo através do aparecimento da electricidade. A arquitectura limitou-se às aplicações funcionais da luz, enquanto esta, apresentava a sua natureza na forma de energia.

Em tempos anteriores a luz natural era o elemento fundamental para dar forma visual ao material, não sendo incluída apenas para criar contraste entre os materiais de construção, como a pedra, o betão e o tijolo.

Surgiram vários motivos para um novo interesse pela iluminação natural, tais como a noção de que as fontes de energia podem um dia acabar e o aumento do custo dos combustíveis fósseis. Mas talvez o motivo mais importante seja a necessidade do homem procurar qualidade de vida.

No Capítulo I já foi feita uma descrição dos vários estilos arquitectónicos na contextualização da janela na História. Por isso, já foi referida a importância dos romanos, na Europa, no desenvolvimento e conhecimento de técnicas que tinham em atenção a utilização da luz natural em edifícios.

No período Barroco e na Idade Média, principalmente em edifícios religiosos, a luz era usada como elemento expressivo da arquitectura.

A Revolução Industrial trouxe uma procura pela iluminação natural, através das inovações tecnológicas – novas técnicas para a produção do vidro. Assim a iluminação natural passou a fazer sempre parte do processo de concepção do projecto, pois as implicações arquitectónicas que advêm da utilização da luz natural em edifícios tornaram-se numa fonte de inspiração para os arquitectos.

No entanto, na metade do século passado, a iluminação natural passou a ser muitas vezes esquecida na concepção do projecto. Isto aconteceu devido à evolução de sistemas mais eficazes – as lâmpadas fluorescentes – mesmo em edifícios construídos com o intuito de satisfazer o problema de economia de energia. Assim, apesar do aumento da

eficácia das fontes luminosas e do progresso dos sistemas de controlo de luz artificial, a iluminação continua a ser, no Brasil e na Europa, um dos maiores consumos de energia em edifícios não residenciais. (Amorim, 2002, p.2) Nesta última década foram feitas algumas melhorias no sector da iluminação natural, promovendo um melhor controlo da mesma, que incluíram inovações nos materiais usados e uma nova concepção de projecto. A necessidade de conforto ambiental em edifícios, a procura pela eficácia energética de acordo com os interesses pelas questões ambientais, levou ao retorno do uso da luz natural nas construções.

Ao falarmos na importância que a vida tem para a própria vida humana, talvez consigamos compreender a relação existente entre arquitectura e iluminação de uma forma mais ampla e autêntica. Tendo em conta que o homem é um ser totalmente dependente da luz, esta faz parte do seu modo de habitar, do seu dia-a-dia, ou seja, da sua vida.

A iluminação por ser considerada como algo natural, parte da natureza em que vivemos, passou despercebida algumas vezes, mas esteve presente em todos os momentos da história. Sendo inerente ao próprio acto de criar está presente em qualquer obra de arquitectura, mesmo que não a tenhamos como preocupação.

Embora nem sempre tenhamos a capacidade de compreender o seu significado, a iluminação desempenha um papel muito importante nos dias de hoje.

2.1.1 Iluminação Natural

A iluminação natural sempre desempenhou um papel central na história da arquitectura. A Luz do Sol segue um ciclo diário e é caracterizado pela sua constante variação. As suas qualidades variam ao longo do dia e também com as estações. Na arquitectura românica, gótica e barroca, como já foi referido no capítulo anteriormente, os edifícios foram projectados para serem capazes de controlar e manipular as qualidades da luz natural, a fim de melhorar as formas do espaço interior dos edifícios e atingir o ambiente desejado. O tipo de aberturas, a sua localização, dimensão e orientação, bem como a geometria e as dimensões dos interiores são definidores das características. O material através do qual a luz flui, a textura e a cor das superfícies com as quais entra em contacto, também são pontos importantes a considerar. O designer deve estar bem consciente dos recursos disponíveis com os quais pode alterar e melhorar as condições de luz solar.

A base para uma iluminação natural adequada é sem dúvida um bom projecto arquitectónico proporcionando ventilação e luz em todos os quartos. A luz solar é a mais económica e também a mais benéfica para a saúde e o bem-estar. No entanto, um excesso

de luz natural pode-se tornar inconveniente e pode não fornecer o tipo correcto de iluminação necessária para realizar determinadas actividades. Há maneiras de evitar efeitos indesejáveis através de inúmeros dispositivos, como vamos poder verificar no capítulo seguinte. Podemos com alguma criatividade tentar através de acabamentos espelhados ou com algum reflexo fazer com que um espaço interior pareça mais brilhante ou iluminado e amplo. No entanto, um projecto de boa iluminação tem que considerar a escuridão e as sombras, assim como a luz. Nas palavras do arquitecto suíço Peter Zumthor, "quanta luz necessita o homem, e quanta escuridão?" (Vergés, 2007, p.10) Ambas são, obviamente, necessárias para o equilíbrio e bem-estar das pessoas.

No caso da arquitectura mediterrânica esta é 'obrigada' a satisfazer tanto o clima quente como o frio. Sendo assim, ao longo dos tempos, este estilo de arquitectura tem vindo a desenvolver a chamada arquitectura bioclimática. Ou melhor, a arquitectura bioclimática tem como referência a arquitectura mediterrânica. Esta consiste numa tentativa de obter uma temperatura e qualidade de ar no interior de um espaço, minimamente, confortável. O principal objectivo é promover o bem-estar ao homem através dos recursos energéticos que nos são dados pela própria natureza. (Faria, 2010, [Resumo])

No que diz respeito à iluminação artificial, estes são tempos de grande evolução, não só por causa dos constantes avanços tecnológicos, mas também em relação ao seu valor e importância crescentes, em todos os tipos de projectos. Como já mencionado, em geral, a luz natural sempre fez parte da composição de projectos arquitectónicos, desde o início do processo de planeamento. Infelizmente, isto nem sempre pode ser dito para a iluminação artificial. Por muitos anos o estudo da iluminação de edifícios esteve limitado a resolver problemas funcionais e de segurança. O principal objectivo era garantir níveis suficientes de luz para realizar qualquer actividade sem realmente tomar outros factores em conta, tais como conforto psicológico e fadiga visual. Felizmente, o panorama está a mudar e há um crescente número de arquitectos que entendem as possibilidades expressivas da luz artificial e a sua influência sobre o humor das pessoas. Tem sido um processo gradual que vários factores têm influenciado.

Um dos principais factores é o desenvolvimento tecnológico com a chegada de fontes de luz mais económicas, com uma maior capacidade de reprodução cromática. Também houve avanços na modulação da luz e os sistemas de regulação. Acredita-se que a luz artificial, como a luz natural, deve ser variável e dinâmica e de alguma forma mostrar a passagem do tempo. De certa forma, deve adaptar-se aos ritmos da natureza. Isto é possível programando cenas e incorporá-lo à tecnologia de iluminação. Sistemas que interagem com o ambiente, seja por meio de sensores, ou por sinais criados pelos próprios usuários, também já estão a ser desenvolvidos. Outras inovações que se devem mencionar

são fachadas de publicidade com projecção de imagens dinâmicas e iluminar a paisagem urbana.

Outro factor que tem influenciado a crescente importância da iluminação artificial é a conformação dos benefícios comerciais, económicos e ambientais, adquirida por escolher a iluminação adequada. Tem sido demonstrado que a iluminação no local de trabalho pode afectar os níveis de desempenho e satisfação dos trabalhadores. Ela também pode representar a diferença entre o sucesso e o fracasso de lojas, hotéis e restaurantes.

Num outro nível, a criação artística influenciou também a maneira em que a luz artificial é utilizada em projectos arquitectónicos. Um projecto de iluminação pode realçar as qualidades do projecto arquitectónico no seu interior ou também esconder as falhas de um projecto na meia-luz. A crescente complexidade do mundo da iluminação tem levado à procura de especialistas com um profundo e actualizado conhecimento da tecnologia de iluminação e de inovação existente no campo do design. Idealmente, arquitectos e especialistas em iluminação devem trabalhar em conjunto desde o início, para que ambos tenham uma compreensão completa dos objectivos gerais do projecto e do ambiente final desejado.

A iluminação natural de edifícios começou, nos últimos anos, a ter uma importância relevante, devido a novos métodos de construção e por uma maior liberdade na expressão arquitectónica. Mesmo com o grande desenvolvimento da iluminação artificial na última década, permanece ainda uma grande necessidade de boa luz natural. Os projectos de iluminação natural evoluíram significativamente, devido ao desenvolvimento da luz artificial.

Existem dois aspectos do problema da iluminação natural que possuem igual importância. O primeiro: ambiciona uma iluminação suficiente para que se possa trabalhar com 'eficácia e rapidez'. O segundo: consiste em oferecer um ambiente visual agradável.

Estas questões não são incompatíveis, mas muitas vezes por esquecimento, acabamos por resolver apenas um dos problemas. É normal que o primeiro requisito para um projecto de iluminação artificial seja uma boa luz para um trabalho visualmente eficaz, mas se este objectivo for alcançado somente à custa de *encandeamento excessivo* e *desconforto visual*, o efeito não será agradável ao ocupante. (Hopkinson; Petherbridge & Longmore, 1975, p.4)

Surge, então, a necessidade de simplificar o que se pretende revelar nos projectos de iluminação natural. Os conhecimentos dos factores básicos da visão são necessários para a concepção do projecto de luz natural, referindo-se não só à capacidade do homem para ler/ver objectos ou caracteres de pequenas dimensões, mas também ao *aspecto*, à *inexistência de encandeamento* e à *revelação da forma*. O planeamento dos edifícios está, também, profundamente associado ao projecto de luz natural. Estes devem ser pensados

em simultâneo, no projecto de conjunto de edifícios e na sua orientação. A preocupação com a decoração dos interiores, também, está presente, pois as suas componentes reflectoras podem causar um efeito muito significativo na infiltração da luz do dia, realçando a modelação dos objectos.

2.1.2 Iluminação Artificial

Primeiramente, para se poder projectar correctamente na área da iluminação artificial, é imprescindível compreender de que modo se relaciona a iluminação natural com a iluminação artificial. Em geral, grande maioria dos espaços possui esta dupla condição, tornando-se importante saber como relacionar a solução dada para o sistema de iluminação artificial, proposta do próprio projecto, em relação à luz natural.

Em segundo lugar, de acordo com a função a ser exercida em determinado espaço, devem ser estabelecidas quais as condições impostas pela iluminação artificial.

O terceiro passo refere-se à fixação das características das lâmpadas e luminárias, tendo em conta o efeito que se pretende criar com a luz. Naturalmente, qualquer opção escolhida tem uma relação directa com a escolha das lâmpadas luminárias, pois também são estas que a determinam.

Estas preocupações podem, então, ser resumidas aos quatro itens apresentados de seguida:

1. Relação Iluminação Natural / Iluminação Artificial – iluminação suplementar;
2. Sistemas: Espaço / Função;
3. Lâmpadas: potência, temperatura da cor, reprodução da cor, tipo, vida útil, custo e rendimento.
4. Luminária: distribuição da luminária de acordo com o sistema escolhido, forma de distribuição da luz, posição em relação ao usuário (ofuscamento), manutenção, rendimento.

Embora a interligação da luz artificial com a natural seja um factor constante em projecto, ainda são poucos os arquitectos que se preocupam com esta questão. Pela complexidade das tarefas visuais hoje exigidas, é quase sempre imprescindível incluir as melhores condições naturais de iluminação natural pelo uso da iluminação artificial. Não se pode hoje admitir que em plena luz do dia se tenha de trabalhar com iluminação natural ligada, como na Idade Média onde os monges trabalhavam as suas iluminuras à luz das candeias de azeite, ou, em completo oposto, nos países fortemente industrializados, como

nos EUA, as luzes eléctricas estavam permanentemente ligadas, mesmo em locais que poderiam gozar de plena iluminação natural. Não havia sequer circuitos separados por zonas de trabalho, devido ao pouco cuidado pelos gastos de energia, quando era barata. Hoje, tudo isso condiciona a arquitectura e a engenharia electrotécnica, em que o factor energia é fundamental ser avaliado.

Apresentamos de seguida os valores de iluminância ideais para cada ambiente interior e tarefa a desempenhar. (Quadro 1)

	Iluminância (lux)	Tipo de Ambiente / Actividade
CLASSE A (áreas de uso contínuo e/ou execução de tarefas simples)	20 – 30 – 50	- ruas públicas e estacionamento
	50 – 75 – 100	- ambientes de pouca permanência
	100 – 150 – 200	- depósitos
CLASSE B (áreas de trabalho em geral)	200 – 300 – 500	- trabalhos brutos e auditórios
	500 – 750 – 1000	- trabalhos normais; escritórios e fábricas
	1.000 – 1.500 – 2.000	- trabalhos especiais; gravação, inspecção, indústrias de tecidos
CLASSE C (áreas com tarefas visuais minuciosas)	2.000 – 3.000 – 5.000	- trabalho contínuo e exacto: electrónica
	5.000 – 7.500 – 10.000	- trabalho que exige muita exactidão: placas electro-electrónicas
	10.000 – 15.000 – 20.000	- trabalho minucioso especial: cirurgia

Quadro 1 - Iluminâncias (em lux) para cada grupo de tarefas visuais. **Fonte** - Iluminância e Cálculo Luminotécnico, p.1.

2.2 Luz e Cor

Para se falar em iluminação é imprescindível falar de cor. Tendo em conta o princípio básico das cores (absorção e reflexão de radiação solar visível, com específicas frequências de onda), podemos concluir que a cor é luz.

O contraste de cores ou de luminosidade trata-se de um esquema de luzes que proporciona uma interpretação da Arquitectura como Arte. Podemos dizer que a luz domina a cor, tornando-se numa luz incidente, quando esta alcança uma determinada luminosidade e tonalidade, dependendo da quantidade de luz que incida sobre ela.

Quando se diz que a cor é luz, referimo-nos à luz reflectida. A luz do exterior é a luz incidente, a luz que molda o espaço, ou seja, esta luz é o espaço. Podemos então afirmar

que a cor da luz incidente vence a luz reflectida, que é a cor do objecto. Resumindo, a luz incidente é considerada a cor incidente. (Vianna, 2001, p.38)

Cor	Grau de Reflexão	Tipo de Material	Grau de Reflexão
Branco	70 até 80%	Madeira	70 até 80%
Preto	3 até 7%	Concreto	3 até 7%
Cinza	20 até 50%	Tijolo	20 até 50%
Amarelo	50% até 70%	Rocha	50 até 70%

Quadro 2 – Refletância. **Fonte** - Iluminância e Cálculo Luminotécnico, p.1.

O relativismo das cores, das formas e da compreensão do espaço estabelecido pela luz/cor incidente, quando não é branca, cria um novo rumo para a arquitectura.

Para evidenciarmos as formas das aberturas, os elementos estruturais de um espaço através das posições e as dimensões, podemos usar a luz. Sendo, também, uma forma de confirmar a relação que existe entre a forma e a luz.

Podemos explicar esta experiência de iluminação como sendo uma das peças essenciais da arquitectura autêntica. O uso da luz nestas condições pode ser entendida como arte, como alguns arquitectos a consideram. E no fundo, a luz acaba por se tornar num dos elementos mais sublimes da própria geração da obra arquitectónica.

Para podermos criar algo para o homem é fundamental entendê-lo, senão em nada poderemos satisfazê-lo. O percurso para um dia criarmos a genuína arquitectura terá de ultrapassar o caminho do sentimento, e seguir pelo da compreensão dos aspectos psíquicos perceptíveis do ser humano. (Hopkinson et al, 1975, p.4)

2.3 A Arquitectura da Janela: através do tempo

Foi no momento da invenção do traçado das janelas, uma inovação estética e técnica, que a arquitectura se revelou como característica de uma determinada época. Esta permitiu a construção de janelas com grandes dimensões para um melhor aproveitamento da iluminação natural, esta foi a fase mais avançada na construção, em meados do século XIII. A relação entre arquitectura e iluminação sendo representativa dos valores que estruturam aquela realidade é integrada, capaz de produzir signos emblemáticos desses valores.

O espírito de um período é reflectido pelo uso da luz no espaço, o que está bastante visível nos edifícios góticos. Um ambiente de solenidade suprema é uma

característica da iluminação medieval, tendo um papel importante nesse culto. A iluminação não era projectada com a preocupação de atender às necessidades humanas ou no uso doméstico. A típica casa medieval era pobre em iluminação, tornando-se fria e pouco adequada aos parâmetros actuais. No entanto, é importante verificar que noutro aspecto o conceito de conforto ambiental medieval pode ser encontrado, através da forma do espaço. Entende-se por conforto o ambiente que envolve o homem e no qual ele vive. O conforto medieval é intocável, do qual a luz é uma parte essencial do próprio espaço criado.

Um edifício medieval 'nunca está nu', apesar de não possuir mobiliário parece terminado, independentemente de ser um dormitório burguês ou uma catedral; a criação de espaços de uma profunda beleza e eficientes de acordo com os princípios do projecto gótico, relaciona-se com o mundo exterior e, a especificidade do espaço junto à janela está destinado à realização de tarefas visuais exigentes. Este é mais um exemplo característico deste período, visto que, há uma relação entre objectos arquitectónicos e intuitos com outros elementos, que possibilitam a atribuição de um sentido e interpretação a determinado momento histórico, havendo uma preocupação simbólica na forma como a luz e o espaço eram tratados. (Mascaró, 2005, parag.4)

O período da Renascença esteve condicionado às limitações energéticas do século XVI com novas noções de conforto, retomadas dos antigos mas bastante distintas das medievais e desenvolvidas na própria época, tendo um maior interesse pelas ciências naturais apresenta técnicas bioclimáticas e solares passivas, designação actual. Usando largas janelas de vidro, que permitem a penetração da luz do dia controlando ao mesmo tempo o calor, a *Villa* abre os seus aposentos ao Sol. Neste caso a luz é o Sol. Como é próprio da época Renascentista, os ambientes tornam-se luminosos, alegres, ingénuos, de contrastes intensos.



Fig.48 - Catedral Nôtre Dame (University of Dayton). **Fonte** - Mascaró, 2005, s/p.



Fig.49 - Artesão medieval no seu ateliê. **Fonte** - Mascaró, 2005, s/p.

A primeira impressão do século XIX, ao tentarmos reconhecer as características da época, é um novo panorama absolutamente dinâmico e desenvolvido, na qual podemos identificar a experiência moderna. Nesta imagem observamos os movimentos sociais de massa, estados nacionais gradualmente mais fortes, um mercado capaz da devastação e de desperdício, capaz de tudo a não ser de estabilidade e solidez; reconhecemos as fábricas mecanizadas, o engenho a vapor, as produtivas cidades que se aumentam numa rapidez impressionante completa de amplas zonas comerciais; elementos como o telefone, o telégrafo, os jornais, entre outros.

A manifestação de maior significado na construção da cultura do século XIX é a “arquitectura da engenharia” (Mascaró, 2005, parag.6) determinar a mudança entre o passado e o presente da história da arquitectura, sem tal é impraticável considerar o Movimento Moderno. No século XIX a obra dos engenheiros é arquitectura e pode entender-se como o símbolo da mesma época – os enormes edifícios de estruturas metálicas, as pontes de ferro, as imensas coberturas de cristal e ferro. (Fig.50) A evolução tecnológica no controlo do ambiente foi motivada pela eficiência, pela economia e pela consciencialização da higiene, incentivada pela má iluminação oriunda do gás e pelo descontentamento estético das pessoas instruídas pela deficiente ventilação. De acordo com Banham (Mascaró, 2005, parag.6) a maior revolução ambiental da história aconteceu em 1882, com o acesso regular de energia eléctrica pública. Citando Lúcia Mascaró “A arte e a tecnologia se combinaram para rejeitar o escuro, o abarrotado, o sufocante.” (Mascaró, 2005, parag.6)

A ampliação do uso da electricidade e da iluminação artificial foi essencial para desenvolver as condições entendidas como próprias para a cidade moderna e para a arquitectura no século XX. Este facto foi um passo muito importante na evolução tecnológica, principalmente para os edifícios. (Fig.51 e 52)

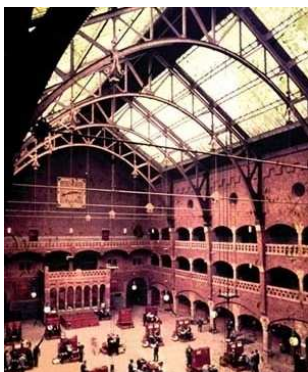


Fig.50 - Bolsa de Valores de Bruxelas, Bélgica. **Fonte** - Mascaró, 2005, s/p.



Fig.51 - Iluminação eléctrica nos espaços internos, ao final do século XIX. **Fonte** - Mascaró, 2005, s/p.



Fig.52- Iluminação eléctrica pública em Lisboa, século XX. **Fonte** - Mascaró, 2005, s/p.

O progresso do movimento moderno está caracterizado pela evolução da relação entre os elementos que suporta e pelos que são suportados. A estrutura é devorada pelo racionalismo no seu planeamento de espaços dinâmicos, caracterizando a leveza das imagens, entregues à pureza dos volumes, símbolo da arquitectura racionalista.

Como elemento importante de uma nova arquitectura, surge a parede de vidro. Esta implicava gastos, ou até mesmo desperdícios, de energia ocorrentes de ganhos e perdas térmicas, tal como perda de iluminação artificial durante a noite. Incluía as novas oportunidades que se desenvolveram nesse período – condições que enquanto não se obtinham as suas implicações se mantinham inúteis, mas alcançáveis pelo olhar. A separação entre o sentimento e o pensamento foi a base dessa ignorância, impossibilitando o uso da tecnologia emblemática, se calhar por ser usada sem uma uniformidade conceptual como representação máxima da modernidade, sem a preocupação com os aspectos humanos, sociais e estéticos, sendo o resultado de práticas engenhosas, apropriados a um período pós-guerra. Chegou-se ao ponto de haver uma discrepância extrema entre a iluminação e a arquitectura.

Frank Lloyd Wright, projectou as ‘prairie houses’, no fim do século XIX e inícios do XX, quase como uma contradição à tipologia arquitectónica do Movimento Moderno. De qualquer forma, este projecto relacionava habilmente o uso das formas estruturais e as instalações mecânicas e eléctricas articuladas com a luz, evidenciando a integração entre o projecto de arquitectura e as inovações tecnológicas. Um dos belos exemplos que demonstra o uso da luz natural no espaço é a casa Baker, em Illinois, construída por Wright. (Fig.53)



Fig.53 - Baker House, de F.L. Wright.

Fonte - <http://www.thefranklloydwrighttour.com/flwnorthshoretour.htm>, 2010.

Uma janela de grandes dimensões é amparada por um largo beiral na extremidade a Sul, esta desenvolve-se em altura até ao limite do beiral e recua ao longo das laterais da sala de estar, abrangendo o seu contorno externo. É conseguido um resultado bastante interessante para costurar, apreciar a paisagem envolvente ou apenas para ler um livro, junto à janela. No entanto, a iluminação do espaço é proveniente da parte superior envidraçada. Junto à janela está um banco, que contém um radiador de calor em baixo, como no período do Renascimento, permitindo a circulação do ar quente derivado de tubos de água aquecida, fornecendo o aquecimento do espaço visível ao rigor climático. A combinação de vários aspectos ambientais através da iluminação, da climatização natural e artificial, da ventilação, do calor, das vistas, da sombra e da privacidade deixa-nos experiências interdependentes:

"Primeiro, que o projecto com as instalações mecânicas não é, simplesmente, um assunto de usar critérios claros para instalá-las mas de fazê-las trabalhar associadas à estrutura [...]. A segunda lição correlativa é que essa rica e melhorada eficiência ambiental foi obtida sem recorrer a nenhuma das inovações tecnológicas [...]. Aqui se deu, pela primeira vez, uma arquitectura que não introduzia a tecnologia ambiental como um remédio desesperado, nem como uma determinante de formas da estrutura, mas que foi final e naturalmente absorvida nos métodos normais de trabalho arquitectónico, contribuindo a sua liberdade de desenho". (Mascaró, 2005, parag.8)

Quer isto dizer que, houve um aproveitamento simbólico da tecnologia tendo-se agregado como um agente motivador do projecto, destinando-se a converter de certa maneira a linguagem ideal do desenho. "O encontro entre a iluminação e a arquitectura era exemplar". (Mascaró, 2005, parag.8)

Os modernistas da Europa confundiram a tecnologia como um problema cultural e não como uma solução, relacionaram as mudanças de estilo com as mudanças de tecnologia, o que lhes trouxe grande dificuldade para trabalharem de acordo com a relação tecnologia – arquitectura. De acordo com Brawne (Mascaró, 2005, parag.9), a Bauhaus² preocupou-se mais com a produção racional de um objecto do que com a pessoa que o iria utilizar, não houve uma preocupação com a luz que poderia incidir nos seus olhos, apenas com forma mais simples de produzir uma luminária.

O uso da lâmpada simples acabou por ser, mais frequentemente, descoberto em obras de Le Corbusier do que em obras da escola Bauhaus. A colocação de iluminação visível tinha uma atitude decisiva e uma ligação com o sistema construtivo por ele usado. As lâmpadas não podiam ser penduradas ou disfarçadas sobre as paredes nuas ou sobre as

² Staatliches-Bauhaus – escola de design, artes plásticas e arquitectura de vanguarda que funcionou entre 1919 e 1933 na Alemanha.

finas lajes de betão. Le Corbusier alterou os seus critérios de projecto ao longo do tempo, de tal forma que, não só modificou o trato dado à luz como também aos outros elementos de conforto ambiental, que tiveram um papel significativo em alguns casos. Podemos observar as alterações da aplicação de iluminação indirecta na *Ville Savoye*, 1930, ou a acentuada alteração da frente totalmente em vidro para o aperfeiçoamento da utilização do 'quebra-sol'. Esta foi, talvez, a única novidade técnico-estrutural que aconteceu no século XX, na área do controlo do ambiente.

O avanço tecnológico seguinte, no final da década de 40, foi a introdução do 'tubo fluorescente' para a iluminação artificial. Este e as lâmpadas de descarga de gás já existiam desde o início do século XX. Para a execução de um projecto de arquitectura, esta novidade representou a oportunidade de se proporem plantas de pé-direito inferior, de forma rectangular e com espaços introduzidos através do revestimento luminoso, com as circulações e instalações prediais assentes no centro dessa mesma planta rectangular

Mais uma vez, a evolução da tecnologia, conseguiu alterar as regras do projecto de arquitectura, apesar das vantagens da sua utilização serem mais do carácter económico/funcional do que estética/compositivo e a sua proveniência ser externa à construção. A iluminação artificial e o ar condicionado marcaram a história da arquitectura como elementos da inovação da tecnologia. Posto isto, grande parte dos compromissos ambientais aos quais os projectos de edificação correspondiam, terminaram devido ao consentimento do controlo de praticamente todas as variáveis climáticas.

Mesmo com todos estes avanços tecnológicos, de produção em série e impessoal, alguns edifícios mantiveram características da arquitectura tradicional mais marcantes. Um exemplo emblemático da visão confirmada pelo homem, do mundo organizado através de todos os testemunhos históricos e não só da arquitectura é o Monastério de La Tourette, de Le Corbusier em 1959. (Fig.54)



Fig.54 - Monastério La Tourette, Le Corbusier, 1959. **Fonte** - Mscaró, 2005, s/p.

Como afirmou Giedion, a primeira metade do século XX terminou com uma péssima sensação sobre a tecnologia e o seu potencial para resolver os problemas da humanidade.

"Já não nos podemos deixar enganar por soluções de pura engenharia, conquistadas com perda de aspectos humanos [...]. Um período como o nosso, que tem se deixado dominar pela produção, não encontra seu ritmo [...]. Nos achamos perante um grande amontoado de palavras e símbolos mal usados, dentro de um armazém repleto de novas descobertas, inventos e potencialidade, mas somos incapazes de gerir o mundo [...] a relação entre pensamento e sentimento está afectada [...] o resultado é uma personalidade dividida [...]" (Mascaro, 2005, parag.14)

Esta questão é válida para a arquitectura, para a iluminação e para os dias de hoje.

Nos anos 60, criou-se um vasto e essencial organismo de pensamentos e polémicas, particularmente acerca do caminho tomado pelo ambiente moderno que surgiu na segunda fase do pós-guerra. Na década de 70, a edificação passou das torres de vidro que gastavam excessivamente energia e eram iluminadas de forma generosa e uniforme, para as construções chamadas 'inteligentes' que conseguiam controlar o seu desempenho automaticamente.

"Os arquitectos estavam presos a seus primeiros esboços (...). Como pode um homem treinado para modelar formas sob a luz exterior e suas sombras projectadas (...) mudar sua arte e modelar suas formas à luz proveniente do interior e sem sombras? (...). A iluminação eléctrica esboçou, assim, aos arquitectos o desafio da tecnologia do ambiente em relação directa com a arquitectura, porque a grande abundância de luz junto com as grandes superfícies envidraçadas inverteram, efectivamente, todos os hábitos visuais sob os quais os edifícios eram vistos. Pela primeira vez era possível conceber edifícios cuja natureza podia ser percebida durante a noite, quando a luz artificial resplandecia para fora através de sua estrutura. (...) O uso que os arquitectos fizeram da luz foi tímido e as mudanças das formas unidas em luz para a luz unida em formas foram, ainda, demasiado grandes para a maioria." (Mascaro, 2005, parag.15)

O progresso tecnológico das décadas de 60 e 70 proporcionou uma melhor eficiência das lâmpadas e um melhor controlo do ofuscamento. O campo da percepção e da visão sofreu um enorme progresso, sendo a base dos seguintes projectos de iluminação preocupando-se com outros elementos como a cor. (Fig.55)



Fig.55 - Espaço iluminado com critério energético de boa reprodução da cor (Asociacion Argentina de Luminotecnica.Buenos Aires: Luminotecnica, n. 1999). **Fonte** - Mascaro, 2005, s/p.

Para combater a crise energética desenvolveram-se lâmpadas com maior rendimento energético, e uma melhoria no equipamento eléctrico tais como projectores. Nos anos 70 foi reconhecido que, de facto, a luz natural valoriza o aspecto do edifício. No final dos anos 80, estuda-se por completo o sistema de iluminação eléctrica, procurando um equilíbrio entre a qualidade da cor e o rendimento.

CAPÍTULO III

3.1 Localização dos Dispositivos de Iluminação Natural

É a luz que revela o espaço e a forma, é fundamental como fonte de energia para o aperfeiçoamento das mais variadas actividades humanas.

O homem tentou desde sempre trazer para dentro das suas residências, além de outras construções, a luz natural. A iluminação zenital foi um dos recursos usados, consistindo em aberturas situadas na cobertura de uma edificação (cúpulas, *domos*, *sheds*, cobertura translúcida, lanternim, clarabóias, etc), assim como, a iluminação lateral (cortinas de vidro, janelas, porta janelas em terraços e paredes translúcidas).

Um dos melhores exemplos da utilização deste método de entrada de luz, revelando como o homem já há muito utiliza este sistema nas suas construções, é o Panteão de Roma. No entanto, nessa época as paredes estruturais reduziam notavelmente o tamanho das aberturas, o vidro era delicado, e por isso havia uma grande limitação da quantidade de luz.

A grande impulsionadora para o reconhecimento do termo iluminação zenital foi a revolução industrial, com o incentivo para o uso de materiais inovadores como o aço. Esta projecção permitiu um aumento da liberdade de criação, fazendo com que as paredes deixassem de desempenhar apenas o papel estrutural, que agora é liderado pelas estruturas metálicas e de betão armado, a fim de se aumentarem as aberturas anteriormente limitadas. Surgiram no século XIX as primeiras revelações arquitectónicas comerciais, usando a iluminação natural através das coberturas para levarem a rua para o interior dos edifícios, foram estas a Galerie Sttubert, em Bruxelas e a Galerie Vivienne, em Paris.

Essas galerias tinham a funcionalidade de relacionar o cliente com o exterior e de lhe oferecer alguma segurança. Uma das grandes referências da história da arquitectura, já referida neste estudo, surgia nessa mesma época em Inglaterra: o Palácio de Cristal (1850 – 1851), por Joseph Paxton. (Freitas, Piran & Arasaki, 2006, parag.5)

O século XX ficou marcado pelo movimento Moderno, com a sua arquitectura de estilo internacional e funcional. Esta concepção arquitectónica só se tornou viável devido às facilidades atingidas pela climatização da ambiência interior, onde a temperatura poderia ser controlada por ar condicionado e a iluminação mediante alternativas artificiais. Nesta fase, as amplas fachadas de vidro estavam em destaque, de qualquer forma estas fachadas acabaram por ter uma função muito mais estética do que funcional. Desta época destacaram-se os arquitectos Le Corbusier, Alvar Aalto e Frank L. Wright.

Neste mesmo século surge a propagação da iluminação artificial e esta traduz-se no principal método de iluminação interna, fazendo com que a importância da iluminação natural torna-se menos relevante. Mas nos dias de hoje, tendo em consideração as questões de «insuficiência energética», que muitas vezes provocam falhas no dia-a-dia, o interesse pelo aproveitamento da luz natural voltou a sobressair. Mais uma das circunstâncias a favor, para a sociedade actual, é que essa valorização da luz natural contribui para um consumo energético mais económico.

Para que esses gastos energéticos se tornem, de facto, menores é necessário ter algumas considerações em conta. Actualmente, estudos comprovam que uma abertura que inclua três funções, em simultâneo – iluminar, ventilar e vista para o exterior – frequentemente apresenta alguns problemas. Tanto aquece o espaço em exagero, devido aos extensos painéis de vidro, ou escurece-o demasiado pelo uso das protecções contra a radiação solar directa.

Neste sentido, surgem os dispositivos de iluminação natural para resolver da melhor forma as questões relacionadas com a eficiência térmica/energética de um edifício.

Estas estratégias, para melhorar a distribuição da luz solar numa ambiência, através dos dispositivos de iluminação natural, são aplicáveis a céus cobertos tanto como a céus limpos. Nos climas ensolarados, o importante é perceber como estes dispositivos funcionam quando estão na presença de luz solar directa. Em climas tropicais, uma das soluções favoráveis são os sistemas fixos como as *brises*. Permitindo bloquear a luz solar e assim diminuir a carga térmica no edifício. Já nos países tropicais, estas soluções acabaram por resultar em espaços interiores bastante escuros, acabando por ser necessário o uso da iluminação artificial.

As soluções que vão ser abordadas não estão apenas relacionadas com a janela, mas sim com a iluminação natural. São artifícios complementares de iluminação que se podem reflectir ou adaptar à composição dos vãos.

3.1.1 Janelas para Pátios (internas)

A principal contribuição da janela em pátios interiores é a de distribuir por ambientes mais afastados dos edifícios, uma boa iluminação e ainda, para garantir uma ventilação adequada. Estando devidamente regulamentados, pelo que o seu dimensionamento não é aleatório. Um pátio interno pode ser reconhecido como um recebedor e propagador de luz natural. Além de distribuir essa mesma luz, consegue também formar várias porções de luz e reflecti-las no interior dos espaços, actuando como

se fosse um ‘túnel de luz’. O excesso de luz pode ser prejudicial, mas a sua ausência também. Um pátio interior pode, com vantagem conferir uma iluminação mais homogénea e, principalmente, liberta do calor da radiação solar, contribuir para uma maior frescura e conforto térmico, grande vantagem da arquitectura mediterrânica. Aliás, estes exemplos foram largamente utilizados pelos romanos, através dos pátios interiores para onde se abriam todos os compartimentos e se estava abrigado dos ventos frios e se obtinha uma excelente insolação, como já foi falado em capítulos anteriores.

A relação entre a largura, o comprimento do pátio e o índice de reflexo da parede do ‘túnel de luz’ controlam a intensidade luminosa e a quantidade de luz a alcançar as zonas mais afastadas do edifício. Dependendo do tipo de pátio a qualidade da iluminação irá adquirir resultados diferentes. Se uma das laterais do pátio for envidraçada ou totalmente aberta, apenas uma parte da quantidade de luz é dispersada e reflectida até à região mais baixa da lateral oposta. Na teoria, o túnel provoca o efeito de continuidade da luz reflectida, devendo este ter uma boa configuração para que esta luminosidade não se perca.



Fig.56 - Pátio Interior dos ‘nossos’ dias. **Fonte** -<http://www.arqa.com/index.php/esparquitecturacasa-br.html>. Dezembro de 2011.



Fig.57 - *Domus Romana, Peristilo*. **Fonte** - http://eficienciaenergtica.blogspot.com/2010_04_01_archive.html. Dezembro de 2011.

3.1.2 Luz Zenital e Lateral – Características

A luz natural é proveniente do Sol, podendo ser directa ou dissipada, pelas nuvens. Designamos por iluminação lateral a luz natural que invade um ambiente por meio de aberturas localizadas nas laterais do edifício. Enquanto a Iluminação zenital, é a luz natural que penetra no espaço através de aberturas colocadas na cobertura.

As janelas são um exemplo dessas aberturas laterais nos edifícios. Estas sempre tiveram uma enorme relevância na caracterização e forma das construções, assim como, alguns factores estruturais, de segurança e tecnológicos.

Consideramos uma boa iluminação quando a localização das janelas é apropriada à função do espaço. Em espaços de trabalho aconselha-se que, se distribuam de forma homogénea ao longo da fachada e se prolonguem até ao forro, as áreas envidraçadas. Pois sabemos que, quanto mais nos afastamos da janela menor é a distribuição de luz natural.

Uma das formas de iluminar naturalmente e obter uma boa distribuição da luz no espaço em locais profundos ou em espaços amplos é o uso de iluminação zenital. Esta proporciona uma iluminação mais uniforme sobre o ambiente do que uma superfície de iluminação lateral. No entanto, a área a usufruir de iluminação zenital não deve ultrapassar os 10% da área do espaço, se isso acontecer poderão haver problemas térmicos.

A iluminação zenital apresenta uma maior necessidade e, até dificuldade, de manutenção do que a iluminação lateral. Estes dispositivos têm tendência para acumular alguma sujidade, o que contribui, negativamente, para uma diminuição rápida da transmissão da luz. Outra característica menos boa é a dificuldade para a fixação de elementos de protecção solar, controlo e ventilação. A forma, a distribuição, a dimensão, a orientação dos elementos e o pé-direito do espaço, são factores que condicionam a distribuição da luz no interior de um edifício. O controlo do ambiente não é a totalidade da arquitectura, mas deve ser parte da ordenação básica de qualquer projecto. (Freitas et al, 2002, parag.8)

Normalmente, a forma de se admitir a luz natural no interior de um espaço é por meio de aberturas verticais, geralmente situadas nas fachadas, proporcionando a entrada de luz de cima para baixo e lateralmente no ambiente. Neste género de abertura os níveis de iluminação podem baixar rapidamente à medida que a pessoa se vai afastando da entrada de luz. Quando a intensidade é pensada para ser dispersada de forma uniforme verifica-se esta redução dos níveis de luminosidade.

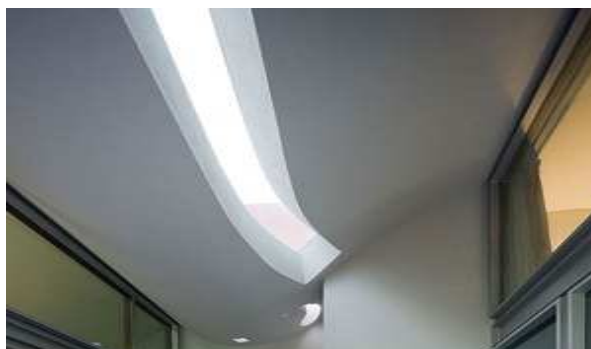


Fig.58 - Exemplo de iluminação Zenital. **Fonte** - casa flight of birds - Bernardo Rodrigues In <http://lucilar.blogspot.com/2011/05/casa-flight-of-birds-bernardo-rodrigues.html>. Dezembro de 2011.

3.1.3 Clarabóias

A clarabóia é conhecida pela sua superfície translúcida ou transparente, em vidro ou em plástico, posicionada horizontalmente, de forma cónica, semi-esférica ou poliédrica, assente sobre coberturas planas ou ligeiramente inclinadas (acompanhando essa mesma inclinação). É um método direccionado para o uso da iluminação natural e fez parte da arquitectura do Porto, no século XIX, para iluminação interior de caixas de escadas. (*Tecnologias Solares Passivas*, s/data, p.12)



Fig.60 – Clarabóias tradicionais em telhados, Porto. **Fonte** - *Tecnologias Solares Passivas*, Cap.V, p.12.

Fig.59 - Clarabóia, Flávio Castro – Residência, São Paulo.

Fonte - <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/flavio-castro-residencia-sao-08-09-2010.html>. Dezembro de 2011.

Se a abertura para a aplicação de uma clarabóia for feita de forma adequada, torna-se num método bastante eficiente para iluminar ambientes interiores, sendo a distância mais aconselhável, entre elas, de 1,5 x o pé-direito do espaço. Relativamente à área da clarabóia com o pavimento, o mais indicado é cerca de 5% a 10%, ou até mais.

Seja qual for o formato que se escolha para a clarabóia, esta pode deixar passar uma forte radiação solar e demasiada luz directa para o interior, factores que provocam um desconforto visual e ambiental, levando-nos à necessidade de utilizar o ar condicionado. Para se obter um resultado mais eficaz do ponto de vista de ganhos solares térmicos, a clarabóia deve ser aplicada em conjunto com um componente reflector, para melhorar os ganhos solares directos no Inverno e dissipar os em excesso no Verão. Portanto, uma clarabóia em plano horizontal se não tiver um elemento reflector e sombreador agregado torna-se num mau sistema de aproveitamento de iluminação natural, mais propriamente no nosso clima, Portugal.

3.1.4 Dutos de Luz

Os dutos de luz são aplicados em espaços localizados no subsolo ou em salas que não consigam aceder directamente a uma abertura que lhe proporcione iluminação natural. Assim sendo, por meio de estruturas em forma de tubos, os dutos de luz, transportam até aos ambientes mais sombrios e distribuem vertical ou horizontalmente a luz solar.

Esta tecnologia, de propagação de luz por meio de dutos de luz, baseia-se nas propriedades de reflexão de finas películas acessíveis no mercado. A evolução a nível comercial destas guias de luz natural consiste na aplicação de painéis de alumínio polido ou de filmes de plástico. Mas a razão comprimento em função do diâmetro são condicionantes para os sistemas metálicos, pois fazem com que tenham uma aplicação prática limitada. (Fig.61) Quando as guias têm uma razão alta, apenas a luz coaxial é difundida de forma eficaz. Se qualquer canto, que tenha significado dentro do tubo, pode converter a luz coaxial (com o mesmo eixo) numa luz fora do eixo, e deste modo os cantos num duto de luz necessitam de uma programação muito cautelosa para que seja possível a propagação.

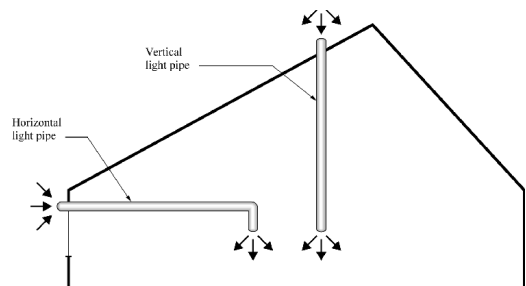


Fig.62 - Dutos horizontais e verticais.
Fonte - IEA, 2000 Dutos horizontais e verticais in Ciampini. 2005. p.129).

Fig.61 - Exemplos de dutos de luz. **Fonte** - http://lorenaarquiteta.blogspot.com/2011_06_01_archive.html. Dezembro de 2011

Neste momento existem algumas variedades de dutos, caracterizados por materiais encarregues pelas reflexões no seu interior. Seguem-se alguns exemplos de dutos:

- Dutos com espelhos;
- Dutos com painéis prismáticos;
- Dutos revestidos de películas especiais;
- Dutos com lentes;

- Dutos com fibra óptica;

A arquitectura tradicional alentejana está mais preparada para o clima, de Portugal, já que a iluminação natural é muitas vezes conseguida com sucesso, para o compartimento interior, através de uma simples telha de vidro, cuja entrada de luz reflectida na brancura das paredes e os tectos é suficiente para uma iluminação eficaz.



Fig.63 - Telha de vidro no telhado tradicional.

Fonte - <http://www.flickr.com/photos/carloskacinskaskas/178879125/>. Dezembro de 2011.

3.1.5 Painéis Prismáticos

Os painéis prismáticos têm como característica o controlo da luz que é recebida por quebra. Alteram o percurso da luz por meio de um prisma de vidro em forma de triângulo.

Foi no início do século anterior, em Berlim, que estes prismas foram aplicados a primeira vez. Foram conhecidos como “prismas de luxfer” (Amorim, 2002, p.5) e aplicavam-se em cidades com uma densidade habitacional acentuada, nas construções mais ‘abafadas’ pela envolvente, para que, a iluminação zenital chegasse aos espaços mais internos dos edifícios.

Foi neste momento que se desenvolveram dois sistemas prismáticos: os que redireccionam a luz proveniente do sol e os que excluem essa mesma luz.

O primeiro consistia num ‘painel prismático fixo’ que era posicionado entre duas placas de vidro. Mas esta solução acabava por direccionar a luz para um plano inferior.

Tentando resolver esta questão pensou-se, então, num ‘painel prismático móvel’ para se ajustar com a inclinação dos raios solares, de acordo com a estação do ano.

A segunda opção rejeitava completamente a luz directa e permitia, apenas, a luz solar difusa. São sistemas que funcionam por 'reflexão e refração' proporcionando o controlo, distribuição e protecção da luz do sol directa.

Existem vários tipos de painéis, pensados para aplicações específicas. Com quatro ângulos diferentes de prismas, aplicados consoante a orientação do edifício, possuidores de uma superfície reflectora, como por exemplo a prata, para precisamente reflectir a iluminação directa.

Hoje em dia existem prismas no mercado compostos por chapas em vidro, em resina ou transparentes, em uma das superfícies é dentada e a outra plana. Esta face dentada costuma estar virada para parte interior, ou então é inserida entre duas chapas. Esta variação dos ângulos, criada pela irregularidade de um dos lados da placa, cria também uma incidência de radiação directa alternada. Por sua vez, esta variação proporciona valores de transmissão, difusão e reflexão total ou parcial da luz.

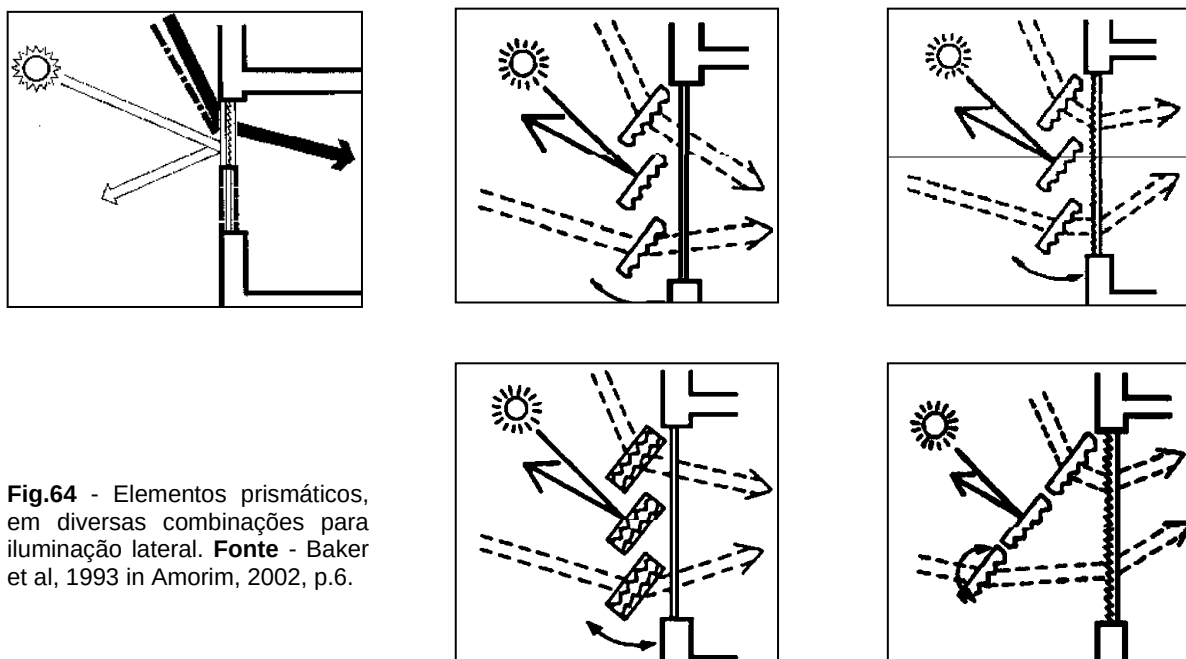


Fig.64 - Elementos prismáticos, em diversas combinações para iluminação lateral. **Fonte** - Baker et al, 1993 in Amorim, 2002, p.6.

Nas imagens seguintes podemos verificar que a aplicação de elementos reflectores também no tecto dos espaços permite uma iluminação natural mesmo nas zonas mais difíceis (Fig.65). No caso da iluminação zenital estes prismas também podem ser aplicados, controlando assim a incidência de uma carga térmica indesejada.

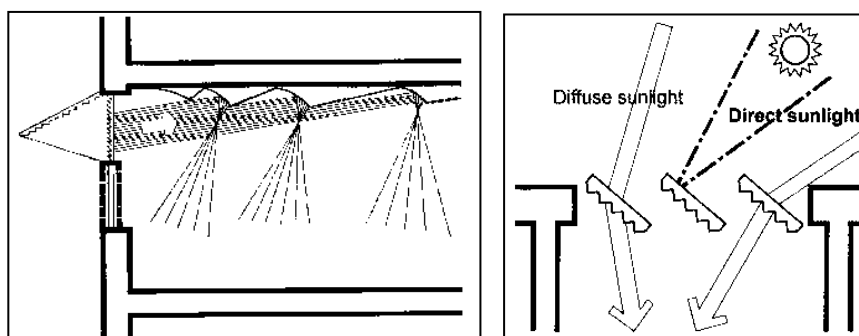


Fig.65 - Uso dos prismas em iluminação lateral (com forro reflector) e iluminação zenital. **Fonte** - Baker et al, 1993 in Amorim, 2002, p.6.

Dos benefícios dos prismas, é de realçar a 'semi-transparência' e a moderação do encadeamento provocado pela visão da 'abóbada celeste'. A luminância pode ser reduzida de 2000-6000 cd/m², num dia de céu encoberto e visto através de uma janela convencional, até 100-300 cd/m². Este acontecimento melhora o conforto visual em determinados espaços, como por exemplo em locais de trabalho com utilização de computador.

Mas a aplicação de prismas impossibilita a visibilidade para o exterior, logo é necessário ter em atenção em que posição ou tipologia vai ser usado – nas janelas altas, fora do nosso campo de visão, são uma boa solução. Além deste 'pormenor' o prisma precisa de um intervalo de 2cm entre as duas placas de vidro, onde é colocado.

Este sistema ainda tem um custo, que se pode considerar, alto confrontado com a utilização de vidros tradicionais. No entanto, a longo prazo compensa pela poupança no consumo de energia do edifício, não se justificando outros sistemas de protecção solar, de ar condicionado e a necessidade de iluminação artificial também é reduzida.

3.1.6 Laser Cut Panel (LCP)

Neste sistema é aplicado o mesmo princípio de quebra da luz directa, apontando-a para o tecto do espaço. Este painel é constituído por placa de acrílico cortada a laser, como o nome indica, que é inserida entre dois vidros. Os pontos de luz são afastados pelos cortes que, neste caso, resultam como um espelho no interior do acrílico.

A profundidade dos cortes, o afastamento entre eles, o ângulo da luz recebida e a inclinação do painel vão condicionar a porção de luz que é desviada.

O *laser cut panel* por não omitir a incidência directa acaba por permitir uma maior transparência que os sistemas prismáticos (Fig.66). A sua aplicação deve evitar as fachadas

demasiado expostas. Este sistema aliado a outros sistemas de protecção também pode ser aplicado em aberturas zenitais.

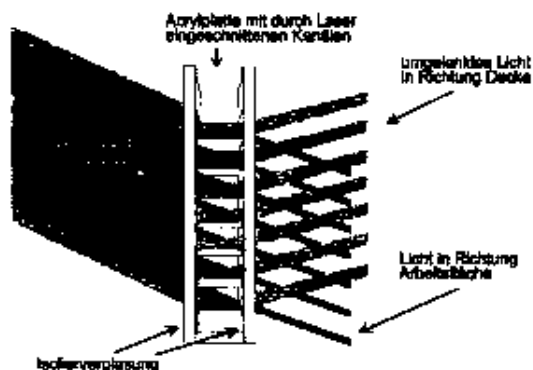


Fig.66 - Funcionamento do *Laser Cut Panel*. **Fonte** – Amorim, 2002, p.7.

3.1.7 Micro Lamelas Reflexivas com Protecção Solar

É um sistema caracterizado por 'lamelas' verticais e transversais com uma determinada forma, reflectindo a luz solar directa recebida ao mesmo tempo que permite a presença de luz difusa. Apesar de não permitir a entrada da luz directa, não é totalmente reflector de calor. As 'lamelas' são em plástico coberto por puro alumínio.

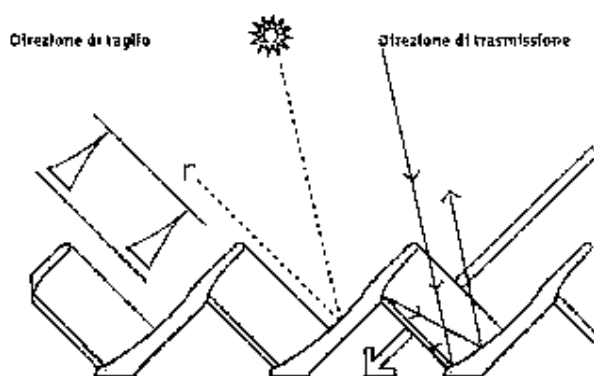


Fig.67 - Funcionamento da Grelha de Micro Lamelas Reflexivas c/ protecção solar. **Fonte** - Catálogo Siteco/Siemens in Amorim, 2002, p.7.

CAPÍTULO IV

4.1 Poupança de Energia e Conforto Térmico – RCCTE

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico em Edifícios (RCCTE) surgiu pela necessidade de proteger as condições de conforto térmico em edifícios, sem gastos excessivos de energia nas diferentes estações do ano. Este regulamento pretende também prevenir os efeitos patológicos nas construções, provocadas pelas condensações exteriores e interiores dos elementos da envolvente.

Constatamos que a qualidade da construção em Portugal, em particular, deve muito à aplicação destas medidas.

No entanto, tem-se notado uma modificação dos propósitos do RCCTE. No final dos anos 80, muito poucos edifícios dispunham de meios técnicos para controlar o ambiente interior, hoje em dia são raras as construções que já não possuem ou prevêm equipamentos de climatização, tanto no sector residencial como no industrial. Estes acontecimentos reflectem-se num aumento dos consumos energéticos, muito acima da média nacional.

Esta primeira versão do regulamento foi relativamente pouco exigente nos seus reais objectivos devido a questões económicas perante potenciais baixos consumos. Neste momento justifica-se um cálculo mais realista de consumos que ocorram, progredindo no sentido de uma maior qualidade térmica da envolvente dos edifícios.

Uma nova versão definiu nitidamente o intuito de uma provisão de taxas de renovação do ar apropriadas, que os projectistas deverão cumprir. Visto que se tem notado a sua degradação pelo uso de novos materiais e tecnologias que libertam poluentes significativos, além da permanência da envolvente. Prevendo que uma grande parte das construções edificadas virão a ter meios que melhorem as condições ambientais nos espaços interiores, tanto no Inverno, como no Verão, é definido um valor limite aos consumos. Esses valores irão depender do uso dos equipamentos ou sistemas instalados, principalmente no sector residencial. De qualquer forma, continuarão a ser apenas referências estatísticas.

Uma forma de garantir o sucesso deste regulamento, nesta nova versão, é a sua aplicação na fase de licenciamento, garantindo que os projectos licenciados cumpram na íntegra os requisitos regulamentares.

Esta questão de conforto térmico ou eficiência energética está, directamente, relacionada com a região do País e o percurso do Sol ao longo do ano. Nos pontos seguintes vamos ficar a perceber quais as considerações a ter quanto aos vãos envidraçados. Relacionando-os com a orientação das fachadas, o comportamento do vidro,

as perdas e ganhos térmicos, a ventilação natural e o enquadramento dos vãos. O regulamento em anexo pode ajudar-nos a perceber melhor quando e como devemos actuar perante estas situações. (Anexo I)

4.1.1 Fachadas Envidraçadas

A orientação solar ao longo do ano é uma característica de principal importância, para definirmos a localização dos vãos envidraçados numa construção. Como tal, para as latitudes de Portugal, é necessário seguir algumas orientações.

Numa perspectiva anual verifica-se que um vão orientado a Sul, irá receber uma maior radiação solar que fachadas orientadas noutras direcções. (Gonçalves & Graça, 2004, p.5)

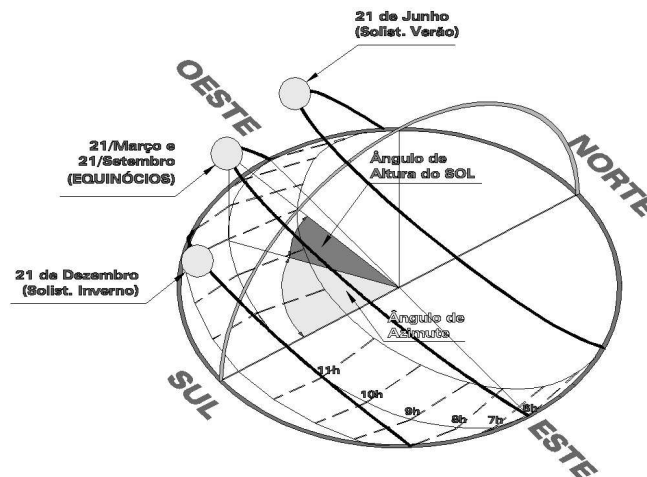


Fig.68 - Percursos do Sol ao longo do ano. **Fonte** – Gonçalves & Graça, 2004, p.5.

No Inverno, como convém aquecer os edifícios, o ideal seria captar o máximo de radiação solar. Sendo a orientação a Sul que proporciona maiores ganhos solares. Tendo em conta que o percurso do Sol no Inverno é feito para azimutes muito próximos do Sul geográfico, torna-se bastante vantajoso para esta orientação.

Já no Verão é necessário diminuir os ganhos solares. No seu percurso, desde que nasce (nordeste) até que se põe (noroeste), “o sol ‘vê’ todas as orientações”, logo é a horizontal que recebe um maior nível de radiação. (Fig.68) Concluimos que o trajecto do Sol, próximo de zénite, apresenta um ângulo de incidência de valor normal mais elevado. Caso se verifique uma fachada com orientação a Sul, os ganhos solares podem ser atenuados através de palas de sombreamento sobre o vidro.

Nas fachadas orientadas a Este o dimensionamento dos vãos envidraçados necessitam de outras preocupações. No Inverno, tendo em conta que o Sol nasce próximo da orientação Sudeste, incide no vão por poucas horas durante a manhã. Durante o Verão, a radiação solar já incide por mais horas da parte da manhã até ao meio-dia. O ângulo de incidência é quase perpendicular à fachada, permitindo grande captação de energia, o que nesta altura do ano nem é tão desejável.

No entanto, nas fachadas orientadas a Oeste, ocorrem os mesmos efeitos mas durante a parte da tarde.

A orientação de fachada mais problemática no Verão é, exactamente, esta. Esta situação origina enormes cargas térmicas sobre os edifícios, sendo imprescindível maior cuidado no tipo de vidro e sombreamento.

Chegamos à orientação a Norte, sendo esta a que menos necessita de preocupações com o Sol, pois é a mais fria.

Durante o Inverno, praticamente não recebe radiação directa, apenas difusa através da 'abóbada celeste'. No Verão, apenas durante a manhã e fim da tarde é que recebe uma ligeira radiação solar directa.

No gráfico abaixo (Fig.69) são visíveis os valores de radiação solar ao longo do ano em Lisboa. Verifica-se assim, que de todas as orientações, a orientação Sul é que promove uma maior quantidade de energia solar nos meses de temperaturas mais frias. Constatamos, também, como um vão envidraçado horizontal pode resultar numa opção desagradável no Verão. (Gonçalves & Graça, 2004, p.6)

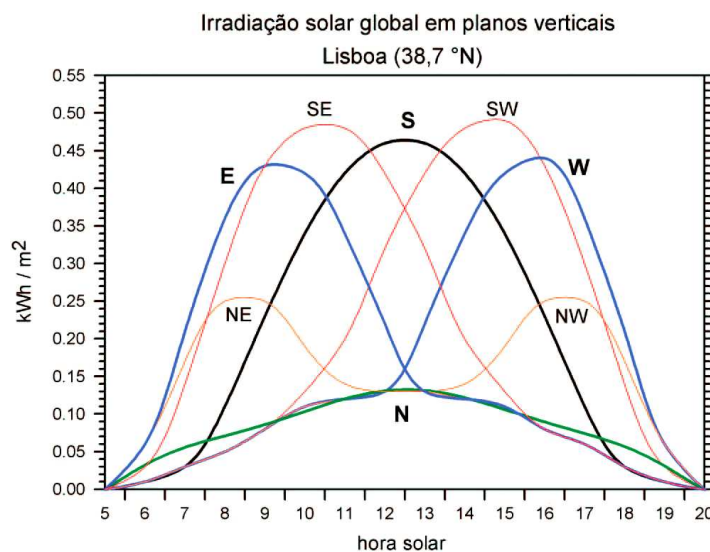


Fig.69 - Radiação solar ao longo do ano (por orientações). **Fonte** - Gonçalves & Graça, 2004, p.6.

Podemos, então, concluir que durante o Inverno o importante é proporcionar ganhos de radiação, nas fachadas a Sul (abertura de vãos envidraçados). No Verão devem-se limitar esses ganhos através de dispositivos de sombreamento eficientes, sobretudo a Poente e Nascente.

Ainda assim, é necessário ter outros problemas em atenção. O solstício de Verão apesar de ser o dia mais longo do ano não quer dizer que seja o mais quente, logo quando se sentem as temperaturas máximas do Verão o Sol já está a um nível mais baixo, fazendo com que entre directamente nas janelas orientadas a Sul. Embora possamos evitar a radiação directa, a reflectida e a difusa mantém-se, contribuindo também para o aquecimento dos edifícios. (Lanham; Gama & Braz, 2004, p.24)

4.1.2 Comportamento do Vidro

O vidro tem sofrido uma grande evolução tecnológica. Existem, hoje, uma série de produtos em vidro ao dispor dos projectistas, para satisfazer os vários aspectos relacionados com energia, mecânica, térmica e acústica, de acordo com cada projecto.

As condicionantes que levam à escolha de um vidro são a boa capacidade de transmissão luminosa, o bom isolamento térmico, a segurança e as propriedades energéticas, que é conferido ao material.

Estas condicionantes devem equivaler ao nível de segurança, energia e conforto que o edifício pretende alcançar. Apesar da importância que estes aspectos devem ter na concepção de um projecto, neste trabalho vamos apenas falar da composição, estrutura e propriedades do vidro utilizado na arquitectura.

Em Portugal um dos bons exemplos da utilização do vidro e, revelando como a tecnologia nesse sector evoluiu, é a Casa da Música no Porto. Com uma das fachadas toda em vidro, conseguida pelo facto do vidro ser ondulado, atribuindo-lhe uma secção maior e por sua vez um aumento de resistência mecânica, fazendo com que o vidro fique, também, com uma função estrutural.

Muitas vezes é concedido ao vidro a função de material de revestimento, na arquitectura que hoje usamos, tendo um desempenho que se assemelha ao dos outros materiais tradicionais. Este material oferece uma grande resistência química, mas há uma série de aspectos ainda por satisfazer. Existem dois tipos de tensões, nos vidros, que podem ser de:

- Origem mecânica;
- Origem térmica.

Quando o vidro é colocado com a função de autoportante, este deve ser temperado. (Serraqueiro, 2007, p.31)

Nos *vidros coloridos* com um coeficiente de absorção elevado, a rotura pode acontecer devido ao *choque térmico* e às diferenças de temperatura entre as suas chapas de vidro que provocam tensões internas de tracção, neste caso cada zona pode dilatar de forma diferente.

Estas acções também podem acontecer quando uma parte do vidro está sujeita à radiação solar e a outra está à sombra, nesta situação o vidro deve ser temperado porque obtém uma resistência 4 ou 5 vezes superior à de um *vidro recozido*.

Para um vidro que vá estar exposto à acção do fogo, recomenda-se a aplicação de *vidro aramado*, pois a malha metálica que possui opõe-se à quebra precoce mesmo após a rotura.

Podemos qualificar em dois tipos os vidros estratificados, os de segurança reforçada (anti-motim, anti-bala e anti-roubo) e os de segurança simples. A qualificação refere-se às folhas, à espessura do vidro e à sua composição em número de lâminas de PVB (butiral de polivinilo, seleccionada pelas suas propriedades de resistência, aderência ao vidro e elasticidade).

Os principais vidros usados em Arquitectura são, então, os seguintes:

Vidro Serigrafado

É um vidro de limpeza fácil e resistente ao *grafitti*, pode ser aplicado em espaços exteriores, quando Laminado.

Vidro Recozido e Termo-endurecido

As exigências arquitectónicas procuram soluções cada vez mais eficientes e, este vidro aparece muitas vezes degradado e fragilizado por fenómenos de corrosão. Nestas situações, propõem-se a substituição por vidro temperado.

Vidro anti-reflexo

Contém um revestimento superficial (filme de óxidos metálicos) que lhe atribui propriedades ópticas específicas, assim como a transparência e visibilidade são optimizadas.

Pode-se controlar os níveis de transmissão, no visível, e de reflexão, no IV e no UV, através do revestimento superficial. Por existirem vidros com revestimentos superficiais que podem perder as suas propriedades, é essencial ter em atenção o tempo de armazenamento.

Vidro Impresso

O vidro impresso pode ser, também, *aramado* quando durante a laminagem é efectuada uma impressão numa das faces. Neste caso, é aplicada uma rede metálica ao vidro, concedendo-lhe uma resistência mecânica extra e, em caso de fractura, retém os fragmentos de vidro.

Vidro espelhado

Possui um revestimento superficial que lhe permite desempenhos ópticos e térmicos particulares, que pode aumentar reflexão da luz e diminuir transmissão da mesma.

Vidro Duplo ou triplo

O vidro duplo ou triplo é composto por folhas vidro separadas por uma câmara-de-ar desidratada, e o sistema vidro – ar – vidro está hermeticamente selado, por um material específico. O corte térmico da caixa-de-ar, que contém *árgon* em vez de ar seco, diminui as possíveis condensações, proporcionando um melhor desempenho térmico do edifício. É valorizada a presença de um ‘excicante’ (agente secante – sílica gel) para o funcionamento a longo prazo, pois este absorve a humidade que passa através dos selantes.

São cada vez mais aplicados, de acordo com o desenvolvimento do aquecimento central, visto que, a perda de calor através dos painéis de vidro comuns, tem-se revelado num problema económico.

Nestes casos (vidros duplos ou triplos) a construção das janelas é, ou deve ser, normalmente, mais resistente do que a das que utilizam os vidros normais. (Serraqueiro, 2007, p.34)

Vidro baixo-emissivo

Pela redução de transferência de calor interior – exterior, possibilita o aumento da eficácia energética de determinado edifício.

Vidro Laminado

É constituído por duas ou mais placas de vidro plano ligadas entre si por um *filme* sintético de Butiral de Polivinilo (PVB), mas apresenta-se como um único vidro. A resistência deste material aumenta significativamente, pois em caso de impacto, o filme é capaz de absorver a energia mecânica. Em caso de fractura, o filme pode evitar a queda de fragmentos vítreos.

Este vidro é bastante utilizado no revestimento de fachadas, devido à sua boa resistência à corrosão, longa durabilidade, e de um óptimo desempenho e múltiplas funções, tendo sempre em conta o lado estético do vidro. Quando é manuseado deve ter-se cuidado com o possível contacto das suas arestas com solventes orgânicos ou água. Estes factores podem levar à opacidade do vidro à ‘delaminação’, daí ser fundamental um bom resguardo das arestas na fase de aplicação e armazenamento.

Vidro Auto-Limpeza

Este vidro existe em dois tipos – hidrofílico e foto-catalítico.

O tipo de vidro hidrofílico, consegue alterar o ângulo em que gota de água entra em contacto com o vidro de 30º/40º para 4º para 7º. Isto faz com que se crie um *filme* contínuo mas fino de água que impede a permanência de marcas de escoamento e proporciona uma secagem rápida, assim, como a redução de resíduos minerais sobre o vidro.

O foto-catalítico, é envolvido por um filme, geralmente, de titânio, que é estimulado pela radiação UV e o oxigénio libertado na reacção foto-catalítica interrompe, gradualmente mas de forma contínua, as ligações dos compostos orgânicos armazenados sobre o vidro. Garante um bom desempenho relativamente ao factor tempo, pois, é resistente à oxidação.

Em ambos os casos, o vidro consegue manter-se limpo por grandes períodos de tempo desde que sujeito às águas pluviais e à radiação solar, em simultâneo. No caso de acumulação elevada de matérias orgânicas ou inorgânicas sobre o vidro, este efeito foto-catalítico pode não acontecer.

Podemos verificar a activação do filme foto-catalítico 48h após ser exposto à radiação solar, se distribuirmos água sobre a superfície e se constataremos que esta forma uma camada uniforme e continua de água. Se for confirmada a activação o filme deve ser colocado de imediato.

Os vedantes do tipo polisulfato, poliuretano, entre outros, podem anular provisoriamente a componente hidrofílica do filme, logo a superfície dos vidros com características de Auto-Limpeza devem ser resguardadas a estes materiais. No caso do efeito foto-catalítico, é preciso ter em atenção que os vedantes à base de silicone podem inibir o filme por vários centímetros para além da zona de contacto, as fitas de 'envidraçamento' à base de butilo ou neoprene contêm uma porção elevada em óleos de difícil remoção da superfície do vidro.

Não devemos aproximar da superfície deste tipo de vidro soluções de ácido fluorídrico ou de outros compostos de flúor, também, objectos cortantes, tais como palha-de-aço, assim, como detergentes básicos ou ácidos e abrasivos são proibidos na superfície revestida do vidro.

Se for preciso que este tipo de vidro, de Auto-Limpeza, cumpra funções de segurança ou protecção pode ser Temperado ou Laminado. (Serraqueiro, 2007, p.33)

Vidro Temperado

Este tipo de vidro não deve ser alterado e cortado depois de ter o tratamento térmico. Pode quebrar quando a superfície ou arestas são sujeitas sobre certa tensão, nesta situação podem ocorrer fendas. As causas associadas às fracturas são muitas vezes a excessiva exposição ao sol, o excesso de riscos, defeitos nos caixilhos ou a verificação de impurezas.

O vidro, como qualquer material, tem as suas fragilidades. Geralmente, é um material duradouro. Mas em alguns casos de temperaturas elevadas ou exposição solar excessiva podem resultar tensões, ainda assim não sendo suficientes para que o vidro estale. Por exemplo, o vidro temperado é bastante mais resistente às diferenças de temperatura que o vidro aramado, que não deve ser usado em situações de exposição solar. (Serraqueiro, 2007, p.35)

4.1.3 Envolvente dos Edifícios – Perdas e Ganhos Térmicos

A propagação de calor na envolvente das edificações é um factor que pode alterar o desempenho térmico dos edifícios. Tanto para os ganhos indesejáveis de calor no Verão, como para as perdas de calor no Inverno. Podemos, assim, diminuir estes resultados nas duas estações do ano, através do aumento da resistência térmica dos elementos construtivos.

Em particular para os vãos envidraçados, deveremos optar por um conjunto de janelas (persiana/ caixilho/ vidro) que nos apresentem valores de bloqueio de calor/frio mais elevados, como no caso dos vidros duplos.

As perdas ou ganhos de calor através da cobertura, nos edifícios, adquirem alguma importância, principalmente se a área utilizada por esse elemento for a de maior proporção no edifício. Torna-se num dos elementos que devemos ter sempre em consideração, para evitarmos futuras situações desconfortáveis.

O nosso clima é rico em Sol, logo o momento de entrada de luz, ou a quantidade de luz, deve ser cautelosamente projectado para que não seja em demasia e provoque desconforto térmico. (Lanham et al, 2004, p.24)

4.1.4 Ventilação Natural nos Edifícios

O homem passa maior parte do seu tempo em ambientes fechados e como consequência disso podem desenvolver-se, como afirma João Carlos Viegas, “substâncias poluentes cuja remoção é necessária para a existência de um ambiente adequado à permanência dos ocupantes” (Viegas, 1995, p.3)

A ventilação dos edifícios deve ser constante, mesmo que muitas vezes nos apeteça deixar as janelas fechadas, quer pelo calor ou pelo frio vindo do exterior. Portanto,

para que determinado espaço fechado reúna as condições necessárias à sua ocupação pelo homem ou à realização de diversas tarefas é fundamental existir uma extracção das 'substâncias poluentes' e permitir a renovação de ar, vindo do exterior.

A ventilação natural é também um dos elementos que nos permite controlar o conforto térmico e a qualidade do ar que circula no interior dos espaços. Pode ser feito das mais variadas formas, só requer alguma imaginação por parte do arquitecto. O importante é nunca esquecer que além do efeito estético tem de ser considerada uma ventilação e conforto térmico adequados, em todas as estações do ano. (Lanham et al, 2004, p.32)

Existem inúmeros agentes que condicionam o controlo deste elemento, como – o vento, a chuva, a acústica, entre outros. A ventilação natural deve exercer algumas funções básicas: ventilação higiénica, qualidade do ar; ventilação conforto, é necessário um conforto térmico; refrigeração, ventilação sobre o volume edificado. (Nico-Rodrigues, 2008, p.65)

A ventilação higiénica é importante pela existência de alguns elementos que podem provocar um mau ambiente para os ocupantes de determinado espaço, como as tais 'substâncias poluentes' referidas anteriormente.

As aberturas para esta ventilação devem ser controladas para que não ocorram correntes de ar, prejudiciais aos ocupantes do espaço, e perdas de energia. (Fig.70)

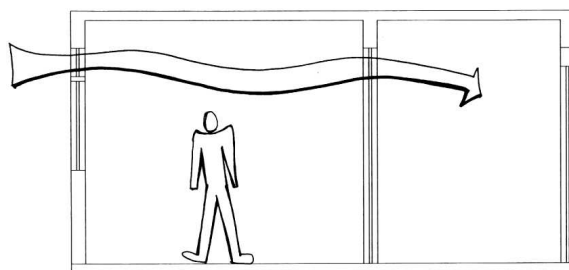


Fig.70- Ventilação Higiénica. **Fonte** - Nico-Rodrigues, 2008, p.65

Para se obter uma boa ventilação de conforto deve-se ter em consideração, na fase de projecto, a velocidade e intensidade do vento. Esta condição irá definir que tipo de janela ou porta é a mais indicada para determinado ambiente, com intenção de realizar o máximo de eficácia na ventilação. Como é visível na Fig.71, este tipo de ventilação consiste na passagem de uma 'corrente de ar' pelo corpo humano permitindo envolver o ambiente interior.

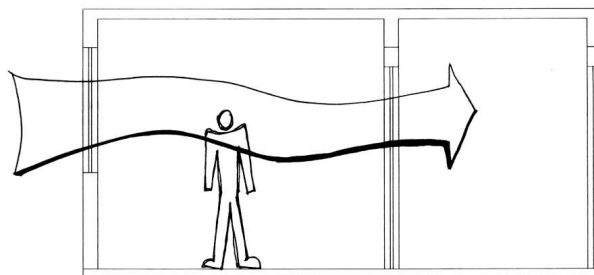


Fig.71 - Ventilação Conforto. **Fonte** - Nico-Rodrigues, 2008, p.66.

Pode entender-se por 'resfriamento', ou pelo termo mais comum – refrigeração, uma substituição térmica. Através da ventilação natural, no período da noite, é feita uma passagem de ar exterior sobre as superfícies envolventes. (Fig.72) Assim, é eliminado durante a noite o calor que foi absorvido durante o dia. A estrutura que arrefeceu durante a noite funciona como acumulador de calor no dia a seguir, captando o calor que entra no edifício e o que se gera dentro do mesmo.

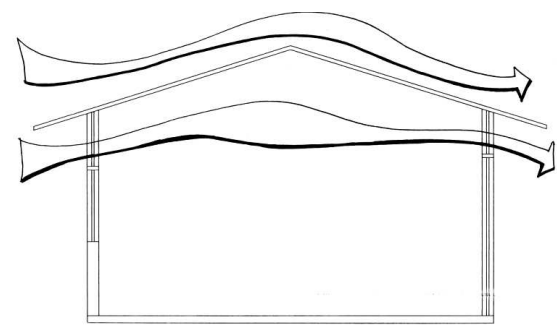


Fig.72 - Resfriamento Convectivo. **Fonte** - Nico-Rodrigues, 2008, p.66.

É na fase de projecto, quando são definidas as estratégias construtivas, que deve ficar definido se a ventilação de determinado espaço é adequada às funções para o qual foi pensado. Para os ambientes interiores alcançarem níveis de conforto térmico, apropriados para o homem, é necessária a renovação de ar.

4.1.5 Enquadramento dos vãos

Ao longo dos tempos, à medida que o homem se apercebeu que a janela era um elemento essencial nas suas habitações percebeu também a instabilidade que esta poderia

provocar na estrutura do seu abrigo. Assim, recorreu a elementos extra para reforçar, proteger e preencher o espaço deixado pela abertura.

Surgem-nos assim vários elementos e materiais com que podemos enquadrar e sustentar os vãos:

- Aro – em alvenaria, madeira, pedra, tijolo, metal, etc.;
- Caixilho – em madeira, pvc, aço, alumínio, etc.;
- Vidro – simples, duplo, triplo, etc.;
- Portada – madeira, alumínio, ferro, pvc, aço inox, bronze;
- Peitoril – madeira, alvenaria, cantaria, metal, tijolo, etc. ;
- Guarnecimentos (ombreira, peitoris e vergas) – madeira, pedra, tijolo, metal, etc.;

A reunião ou o conjunto destes materiais tem ajudado a definir estilos e ornamentos arquitectónicos e, consequentemente, arquitecturas.

Conclusão

Este estudo pretende acentuar a importância da janela na arquitectura. A janela como entrada de luz, como meio de nos relacionarmos visualmente com o exterior – relação interior/exterior – e na relação com a iluminação natural. Realçar a sua importância no ritmo das fachadas, como um elemento definidor de estilos ou épocas e de escalas. É um elemento muitas vezes esquecido, pouco falado, apesar de ser um dos mais importantes na concepção de um edifício.

Todos os edifícios possuem janelas ou aberturas, grandes ou pequenos vãos, a janela é o caminho para a relação do edifício com o mundo exterior. Usamos muitas vezes a metáfora “uma janela para o mundo” ou “uma janela/porta aberta”, quando nos referimos a qualquer elemento que nos permite desenvolver os nossos conhecimentos, que nos permite alargar os nossos horizontes, ir mais longe.

A janela é assim, o elemento arquitectónico de que o homem usufrui para receber luz natural ao mesmo tempo que está num espaço fechado, abrigado.

Actualmente projectam-se vãos amplos que se sustentam quase por eles, para marcar ainda mais esta relação interior/exterior, pois já se concluiu que o homem se sente mais confortável e tem um melhor desempenho em ambientes amplos, iluminados e com visibilidade para a rua. Em vez de locais fechados, escuros, frios, apenas com iluminação artificial. E neste sentido ao longo da evolução da arquitectura, da janela, da iluminação e das tecnologias em geral, é possível a concepção de edifícios energeticamente eficientes, com baixos consumos e preocupações ecológicas. Para isso existem os regulamentos (RCCTE e RGEU) que são uma condicionante das aberturas ou vãos exteriores, da sua inserção, dimensionamento e localização.

O intuito deste trabalho é alertar os arquitectos para os conceitos que advém deste elemento que pode marcar a diferença num edifício, tanto pela sua aparência como pela sua funcionalidade.

Este estudo procura trazer para arquitectura actual uma consciencialização da importância da janela e a sua relação directa com a iluminação natural e o conforto, além de todos os factores referidos ao longo do trabalho, que permitem a sua ‘perfeita’ execução. Não foi, propriamente, desenvolvida nenhuma teoria inovadora no âmbito do tema mas a intenção é incentivar a nova geração de arquitectos a interessar-se por estes elementos – janela ou dispositivos de iluminação natural.

Em relação à Arquitectura, a janela deve passar a ser considerada como um elemento de relevância para a definição do projecto arquitectónico, pois tem sabiamente a função de sombreamento e de evitar o sobreaquecimento através da radiação solar; o

dimensionamento excessivo (superior a 33% da área das fachadas) pode causar problemas de encandeamento e sobreaquecimento, além dos problemas de incomodidade, de arrumação do mobiliário e até de manutenção – limpeza, conservação, etc – que também pode provocar. A janela e os vãos exteriores são certamente definidores de uma linha estética adequada das quais as fachadas deverão ficar sujeitos e dependentes.

A arquitectura rege-se por modas. A actual induz-nos à utilização de grandes superfícies vidradas – algumas fixas, de limpeza discutível e por vezes problemática. Por outro lado os vidros utilizados pelos arquitectos, para evitar os inconvenientes do calor excessivo no verão, impedem os ganhos directos no Inverno. É preciso saber conciliar as dimensões, vidros, manutenção e ‘ensombramentos’.

Bibliografia

- Azevedo, Sara C. V. (2004) - *Parede de vidro: concepção arquitectónica*, p.40. In Silva, Susi B. de J. (2008) - *A Janela: Relações e Transformações no Contexto da História da Arquitectura*, p.207. Prova Final da Licenciatura em Arquitectura apresentada ao Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Baptista, Luís S. (Julho/Agosto 2008) - *Herança Le Corbusier, Lógica mediática e experimentação morfológica-tipológica*, Arq./a, revista de arquitectura e arte, nº 59/60, ano IX, p.6.
- Brawne, Michel. (March 1960) - *Information*. In *Architectural Association Journal*, London.
- Ching, Francis D. K. (2000) - *Dicionário visual de arquitectura*, p. 157 in Silva, S. B. de J. (2008) - *A Janela: Relações e Transformações no Contexto da História da Arquitectura*, p.172. Prova Final da Licenciatura em Arquitectura apresentada ao Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Cotelo, Victor L, «El hueco, punto de inflexión», *Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción*, El Hueco, nº 4, p.2. In Silva, S. B. de J. (2008) - *A Janela: Relações e Transformações no Contexto da História da Arquitectura*, p.36. Prova Final da Licenciatura em Arquitectura apresentada ao Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- França, José-Augusto (1990) - *A Arte em Portugal no século XIX*, Vol. II. Bertrand Editora.
- Giedion, Sigfried. (Novembro de 2004) *Espaço, Tempo e Arquitectura – O desenvolvimento de uma Nova Tradição*. Tradução de Alvamar Lamparelli. 1ª Edição. São Paulo – Brasil, Martins Fontes.
- Gonçalves, H. & Graça, J. M. (Novembro 2004) - *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. Edição – DGGE / IP-3E. Lisboa.
- Hopkinson, R.; Petherbridge, P.; Longmore, J. (1975) - *Iluminação Natural*. 2ª Edição, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Jorge, Luís A. (1995) - *O Desenho da Janela*. 1ª Edição Outubro de 1995, São Paulo. ANNABLUME editora (Selo Universidade; 37).
- Lanham, Ana (LEB); Gama, Pedro (DEIC) & Braz, Renato (LEM) (14 de Junho de 2004) - *Arquitectura Bioclimática Perspectivas de inovação e futuro – Seminários de Inovação*. Lisboa, IST.
- Le Corbusier (1995) - *Le Corbusier et Pierre Jeanneret: 1910-1929*, Vol. I, p.129. In Silva, S. B. de J. (2008) - *A Janela: Relações e Transformações no Contexto da História da*

- Arquitectura*, p.205. Prova Final da Licenciatura em Arquitectura apresentada ao Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Nico-Rodrigues, Edna A. (2008) - *Janelas x ventilação: modelo de apoio à escolha de janelas para edificações multifamiliares em Vitória,ES*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, PPGEC/UFES. Vitória, Brasil.
- Pereira, José R. A. (2005) - *Introducción a la historia de la arquitectura: de los orígenes al siglo XXI*, p.255 in Silva, S. B. de J. (2008) - *A Janela: Relações e Transformações no Contexto da História da Arquitectura*, p.204. Prova Final da Licenciatura em Arquitectura apresentada ao Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Pevsner, Nikolaus, *Panorama da arquitectura ocidental*, 1982, p.102. In Silva, S. B. de J. (2008) - *A Janela: Relações e Transformações no Contexto da História da Arquitectura*. Prova Final da Licenciatura em Arquitectura apresentada ao Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Pinto, Ana L.; Meireles, Fernanda & Cambotas, Manuela C. In *Cadernos de História da Arte* – Nº2, Porto Editora.
- Pinto, Ana L.; Meireles, Fernanda & Cambotas, Manuela C. In *Cadernos de História da Arte* – Nº4, Porto Editora.
- Pinto, Ana L.; Meireles, Fernanda & Cambotas, Manuela C. In *Cadernos de História da Arte* – Nº5, Porto Editora.
- Pinto, Ana L.; Meireles, Fernanda & Cambotas, Manuela C. In *Cadernos de História da Arte* – Nº8, Porto Editora.
- Pinto, Ana L.; Meireles, Fernanda & Cambotas, Manuela C. In *Cadernos de História da Arte* – Nº9, Porto Editora.
- Pinto, Ana L.; Meireles, Fernanda & Cambotas, Manuela C. In *Cadernos de História da Arte* – Nº10, Porto Editora.
- Phillips, Derek (2004) - *Daylighting: Natural Light in Architecture*. Burlington, MA .Architectural Press (an imprint of ELSEVIER).
- Rasmussen, Steen E. (1998) - *Arquitectura Vivenciada*. Tradução Álvaro Cabral. 2ª Edição, São Paulo, Martins Fontes.
- Serraqueiro, Cília A. B. (Junho 2007) - *Comportamento dos Materiais nas Interfaces dos Elementos Construtivos – Sua Aplicação em Fachadas*. Lisboa, IST

- Silva, Jorge. H. P. & Calado, Margarida (2005) - *Dicionário de Termos de Arte e Arquitectura*. Lisboa, Editorial Presença. In Silva, S. B. de J. (2008) - *A Janela: Relações e Transformações no Contexto da História da Arquitectura*, p.6. Prova Final da Licenciatura em Arquitectura apresentada ao Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Silva, Susi B. de J. (29 de Setembro de 2008) - *A Janela: Relações e Transformações no Contexto da História da Arquitectura*. Prova Final da Licenciatura em Arquitectura apresentada ao Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Torres, Elías (2005) - *Luz cenital*, p. 16. In Silva, Susi B. de J. (2008) - *A Janela: Relações e Transformações no Contexto da História da Arquitectura*, p.51. Prova Final da Licenciatura em Arquitectura apresentada ao Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Universidade Estadual De Campinas Faculdade de Engenharia Civil, Arquitectura e Urbanismo - *Sistemas Inovadores de Iluminação Natural. Estudo de Seu Desempenho Sob Condições de Céu Real em Campinas, SP*. (U.E.C.F.E.C.A.U)
- Vergés, M. (2007) - *Light in Architecture*. Bélgica, Tectum Publishers.
- Vianna, N. S. & Gonçalves, J. C. S. (2001) - *Iluminação e Arquitectura*. 2ª Edição, Março 2004. Geros s/c Ltda, São Paulo, SP.
- Viegas, João C.(1995) - *Ventilação Natural em edifícios de Habitação*. 6ª Edição, Lisboa 2010, LNEC.
- Zevi, Bruno (Abril de 2002) - *Saber ver a Arquitectura*. Tradução Maria Isabel Gaspar e Gaëtan Martins de Oliveira. 5ª Edição, São Paulo, Martins Fontes.
- Zumthor, Peter In Vergés, M. (2007) *Light in Architecture*. Bélgica, Tectum Publishers, p.10.

Endereços Electrónicos

- Amorim, Cláudia N. D. (2002) - *Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II. Sistemas Inovadores para a Luz Natural*. Cadernos Electrónicos da Pós -FAU – UnB. In <http://vsites.unb.br/fau/qualilumi/arquivos/Parte2.pdf>. Acedido em 30 de Janeiro de 2009.
- Banham, Reiner (1975) - *La arquitectura del entorno bien climatizado*. Buenos Aires, Infinito. In Mascaró, Lucia. – *Iluminação e arquitectura: sua evolução através dos tempos* em <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.063/438>. Acedido em 7 de Dezembro de 2010.

- Brazão, Filipa (2011, 19 de Abril) Moscovite [texto colocado no Blog segredosdaciencia.blogsopt.pt] enviado para <http://segredosdaciencia.blogspot.com/2011/04/moscovite-filipa-brazao.html>. Acedido em Junho de 2011.
- Corona, A. M. (1987) - *Notas sobre la dimensión constructiva en el aprendizaje de projeto*, In: Anais do III Encontro Nacional sobre Ensino de Projeto Arquitetônico. Porto Alegre, PROPAP – UFRGS CNPq, p. 88–90. In Mascará, L. (2005) – *Iluminação e arquitectura: sua evolução através dos tempos* In <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.063/438>. Acedido em 7 de Dezembro de 2010.
- Duarte, Adriana S. (26 de Dezembro de 2010) - O secreto Palácio de Sintra. Palácio da Pena, a Arquitectura; José Martins Carneiro, os Depoimentos. Documentário sobre a arquitectura do Palácio da Pena – Parte I, II, III. [texto colocado no Blog palacio-de-sintra.blogspot.com] enviado para <http://palacio-de-sintra.blogspot.com/2010/12/palacio-da-pena-arquitectura-jose.html>. Acedido Janeiro de 2012.
- Faria, Pedro M. (2010) - A Arquitectura Bioclimática Mediterrânica: um equilíbrio entre duas estações. Arquitecto, Doutorando em Urbanismo e Docente na Faculdade de Arquitectura, Urbanismo, Geografia e Artes da Universidade Lusófona e Humanidades de Lisboa. AE - Revista Lusófona de Arquitectura e Educação Architecture & Education Journal In <http://revistas.ulusofona.pt/index.php/revlae/article/view/1827/1474>. Acedido em 28 de Junho de 2011.
- Frank Lloyd Wright Tours of Oak Park, Chicago, & the North Shore (2010). In <http://www.thefranklloydwrighttour.com/flwnorthshoretour.htm>. Acedido em Julho de 2011.
- Freitas, Carolina M.; Piran, Julian & Arasaki, Thiago H. (2006) *Iluminação Zenital* In http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2006-2/zenital/index.php. Acedido em 31 de Outubro de 2010.
- Garone, Priscilla M. C.; Marcato, Daniela de C. G.; Pinheiro, Olympio J.; Nascimento, Roberto A. & Silva, José C. P. (2008) *Joseph Paxton e o Palácio de Cristal – Um Marco do Design e da Arquitectura – Design, Arte e Tecnologia 4*. São Paulo: Rosari, Universidade Anhembi Morumbi, PUC-Rio e Unesp-Baurau In <http://portal.anhembi.br/sbds/pdf/5.pdf>. Acedido em Janeiro de 2012.
- Gaspar, Nuno M. (2011) *Os Vitrais do Palácio da Pena e a Colecção de D. Fernando II. Contributos para o seu estudo*. Volume I. Dissertação para o grau de Mestre em

- Arte, Património e Teoria do Restauro. Universidade De Lisboa Faculdade De Letras In http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4099/2/ulfl096205_tm_1.pdf. Acedido em Fevereiro de 2012.
- Giedion, Sigrifid (1978) - *Espacio, tiempo y arquitectura*. Madrid, Dossat. In Mascaró, Lucia. – *Iluminação e arquitectura: sua evolução através dos tempos* In <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.063/438>. Acedido em 7 de Dezembro de 2010.
- Higienismo* (2010, s/autor) In <http://pt.wikipedia.org/wiki/Higienismo>. Acedido em Agosto de 2011.
- Iluminância e Cálculo Luminotécnico*. In <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/tabelas/luminotecnica.pdf>. Acedido em Julho de 2011.
- Lamberts, R.; Lomardo, L.L.B.; Aguiar J.C. & Thomé, M.R.V. (1996) - *Eficiência Energética em Edificações: Estado da Arte*. Procel/ELETROBRÁS. In Amorim, C. N. D. *Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II. Sistemas Inovadores para a Luz Natural* em <http://vsites.unb.br/fau/qualilumi/arquivos/Parte2.pdf>.
- Mascaró, Lúcia (2005) - *Iluminação e arquitectura: sua evolução através dos tempos*. In <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.063/438>. Acedido em 7 de Dezembro de 2010.
- Tecnologias Solares Passivas*, Capítulo V. (s/data e s/autor) - Tese de Doutoramento. In <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4250/9/TeseDoutMendonca9.pdf>. Acedido em 24 de Janeiro de 2010.
- Véras, Katia M. (2004) - *Análise do Projeto no Estudo dos Temas de Composição segundo ROGER H. CLARK E MICHAEL PAUSE*. Professora: Sônia Afonso. Curso de Mestrado - Pós-ARQ -Programa de Pós Graduação em Arquitectura e Urbanismo - Universidade Federal de Santa Catarina In http://soniaa.arq.prof.ufsc.br/arq1101/trabalhos_alunos_041/K%E1tia/FALLINGWATER%20FRANK%20LLOYD%20WRIGHT.pdf. Acedido em Janeiro de 2012.

Legislação

- Decreto-Lei n.º 38 382 de 7 de Agosto de 1951. Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU).
- Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

ANEXOS

ANEXO 1

O Regulamento das Características do Comportamento Térmico nos Edifícios (RCCTE)

Anexo 1

O Regulamento das Características do Comportamento Térmico nos Edifícios (RCCTE)

Anexo IV

Método de Cálculo das Necessidades de Aquecimento

1 - Justificação da metodologia de cálculo

As necessidades nominais de aquecimento de uma fracção autónoma de um edifício são a energia útil que é necessário fornecer-lhe para manter permanentemente no seu interior a temperatura de referência definida no artigo 16.º do RCCTE durante toda a estação convencional de aquecimento. Este valor não representa necessariamente o consumo real dessa zona do edifício, já que, em geral, os seus ocupantes não impõem permanentemente situações exactamente iguais às de referência, podendo mesmo ocorrer diferenças substanciais por excesso ou por defeito entre as condições reais de funcionamento e as admitidas ou convencionadas como de referência para efeitos deste Regulamento.

No entanto, mais do que um método de prever necessidades energéticas reais de um edifício (ou de uma fracção autónoma de um edifício), o valor das necessidades nominais, calculado para condições de referência, constitui uma forma objectiva de comparar edifícios desde a fase do licenciamento, do ponto de vista do comportamento térmico: quanto maior for o seu valor, mais frio será o edifício no Inverno, ou mais energia será necessário consumir para o aquecer até atingir uma temperatura confortável.

Este método está definido de acordo com as disposições da norma europeia EN ISO 13790, sendo feitas as adaptações permitidas por essa norma para melhor se ajustar à realidade da construção e da prática de utilização dos edifícios em Portugal. Para simplicidade de cálculo, considera-se todo o edifício (ou fracção autónoma) como uma única zona, todo mantido permanentemente à mesma temperatura de referência.

As necessidades nominais de aquecimento resultam do valor integrado na estação de aquecimento da soma algébrica de três parcelas:

- 1) Perdas de calor por condução através da envolvente dos edifícios, Q_t ;
- 2) Perdas de calor resultantes da renovação de ar, Q_v ;
- 3) Ganhos de calor úteis, Q_{gu} , resultantes da iluminação, dos equipamentos, dos ocupantes e dos ganhos solares através dos envidraçados.

Embora todas estas parcelas sejam, por natureza, fenómenos instacionários, eles serão abordados, no âmbito deste regulamento, na sua formulação média em regime

permanente dado que, como serão todas integradas ao longo da estação de aquecimento, os efeitos instacionários compensam-se e podem ser desprezados.

As necessidades anuais de aquecimento do edifício, N_{ic} são calculadas pela expressão seguinte:

$$N_{ic} = (Q_t + Q_V - Q_{gu}) / A_p$$

em que o termo Q_{gu} pode ser substituído, nos termos do capítulo 4.5, pelo resultado produzido pelo programa SLR-P no caso da presença de sistemas especiais, solares passivos, no edifício.

A metodologia de cálculo de cada um dos três termos acima identificados é definida individualmente de seguida.

2 - Perdas de calor por condução através da envolvente

As perdas de calor pela envolvente durante toda a estação de aquecimento (Q_t), isto é, pelas paredes, pelos envidraçados, pela cobertura e pelo pavimento, devidas à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício, resultam da soma de quatro parcelas:

$$Q_t = Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt} \text{ (W)}$$

em que:

Q_{ext} - perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior;

Q_{lna} - perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados e pavimentos em contacto com locais não-aquecidos;

Q_{pe} - perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo;

Q_{pt} - perdas de calor pelas pontes térmicas lineares existentes no edifício.

4.3.4 Fracção envidraçada

A fracção envidraçada (F_g) traduz a redução da transmissão da energia solar associada à existência da caixilharia, sendo dada pela relação entre a área envidraçada e a área total do vão envidraçado. No quadro IV.5 são apresentados valores típicos da fracção envidraçada de diferentes tipos de caixilharia.

Quadro IV.5 – Fracção envidraçada para diferentes tipos de caixilharia

Tipo de caixilharia	Fg	
	Caixilho sem quadrícula	Caixilho com quadrícula
Janelas de alumínio ou aço	0,70	0,60
Janelas de madeira ou PVC	0,65	0,57
Fachadas-cortina de alumínio ou aço	0,90	