

Andreia Cristiana de Oliveira Monteiro
Dezembro de 2011

A Arquitectura Bioclimática

Experiência e aplicação em Portugal



Departamento de arquitectura - FCTUC
Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitectura

Orientação:

Prof. Doutor João Paulo Cardielos

Dezembro de 2011

A Arquitectura Bioclimática

Experiência e aplicação em Portugal

Andreia Cristiana de Oliveira Monteiro
Dezembro de 2011

A Arquitectura Bioclimática

Experiência e aplicação em Portugal

Departamento de arquitectura - FCTUC
Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitectura

Orientação:
Prof. Doutor João Paulo Cardielos
Dezembro de 2011

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Professor Cardielos por todo o interesse que demonstrou na realização desta dissertação.

Aos meus familiares, sobretudo à minha mãe, pai, avó Fernanda e tio Vítor, por toda a ajuda e ensinamentos que me deram ao longo da vida.

A todos os amigos, especialmente à Ana, Sara, Joana e Mariana, pelo carinho e amizade que sempre demonstraram.

Ao Filipe, por tudo o que é e que me faz ser.

RESUMO

Actualmente, com a maior exigência dos padrões de conforto, tem-se assistido a um uso indiscriminado dos sistemas mecânicos de climatização, conduzindo, inevitavelmente, a um aumento do consumo energético nos edifícios, sobrecarregando, assim, o ambiente e contribuindo para o esgotamento dos recursos naturais. Neste âmbito, uma abordagem mais consciente e responsável da arquitectura e do sector construtivo torna-se inevitável, de forma a subvertermos o panorama actual e garantirmos a sobrevivência das gerações futuras. Assim, a arquitectura bioclimática, apresentando uma relação intrínseca ao clima e contexto geográfico, mostra-se como uma ferramenta essencial para qualquer projecto arquitectónico. Neste sentido, tornou-se pertinente perceber se existe, de facto, uma experiência persistente e generalizada da arquitectura bioclimática em Portugal, recorrendo-se à análise dos princípios desta vertente arquitectónica, e à sua posterior transposição para o contexto português.

Palavras-chave:

Arquitectura bioclimática, clima, eficiência energética, consumo energético, conforto, Portugal.

ABSTRACT

Nowadays, with higher demand on comfort patterns, one had been regarding a promiscuous use of acclimatization mechanical systems, leading us to a raise of building energetic consumption, overloading the environment and contributing for natural resources depletion. In this realm, a more aware and responsible architecture and constructive field approach becomes inevitable to invert the current reality and assure the survival of future generations. Therefore, bioclimatic architecture, showing an inherent relation with climate and geographic environment, appears as a crucial tool to any architectural project. In this way, it became pertinent to understand if there is a current and overall experience of bioclimatic architecture in Portugal, appealing to the analysis of its main principles and then relate it to the Portuguese context.

Keywords:

Bioclimatic architecture, climate, energetic efficiency, energetic consumption, comfort, Portugal.

SUMÁRIO

Agradecimentos

Resumo

INTRODUÇÃO 23

CAPÍTULO I – Estado da Arte 31

1.1. A evolução da arquitectura 31

1.2. A tradição vernacular portuguesa 33

1.3. A arquitectura portuguesa no séc.XX 41

CAPÍTULO II – A bioclimática na arquitectura 49

2.1. A bioclimática na arquitectura 49

2.2. Interpretação bioclimática 55

2.2.1. Termodinâmica 55

2.2.2. Conforto térmico 59

2.2.3. Elementos climáticos 63

2.2.4. Implantação 75

2.2.4.1. Microclima 75

2.2.4.2. Orientação e forma 77

2.2.4.3. Topografia 79

2.2.4.4. Vegetação 81

2.2.4.5. Água 81

2.2.4.6. Centros Urbanos 83

2.3. Desenho passivo 85

2.3.1. Aquecimento Passivo	91
2.3.1.1. Ganhos directos	91
2.3.1.2. Ganho indirecto	95
2.3.1.3. Ganho isolado	105
2.3.2. Arrefecimento Passivo	113
2.3.2.1. Arrefecimento directo	115
2.3.2.2. Arrefecimento indirecto	125
2.3.2.3. Arrefecimento isolado	127
2.4. A bioclimática em Portugal	129
CAPÍTULO III – Estudos de caso	137
3.1. Casas na areia, Comporta	139
3.2. Pavilhão Desportivo, Braga	143
3.3. Casa em Romeirão, Ericeira	147
CONCLUSÃO	159
Bibliografia	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Arcos de Valdevez, Gondoriz	30
Figura 1.2 - Alentejo	32
Figura 1.2 – Alentejo	32
Figura 1.4 - Eestilo Português Suave, Casa dos Patudos, Raul Lino	36
Figura 1.5 - Estilo Português Suave, Agência da Caixa Geral de Depósitos, Santarém	36
Figura 2.1 - Espaço público de encontro colectivo, Parque das Nações, Lisboa	46
Figura 2.2 - Praça Catalunha, Barcelona	46
Figura 2.3 - Formas de transferência de calor: condução, convecção, radiação	50
Figura 2.4 - Mecanismos de perda de calor do corpo humano	52
Figura 2.6 - Circulações oceânicas esquematizadas pela NASA	58
Figura 2.5 - Radiação solar incidente	60
Figura 2.6 - Efeitos do vento no espaço público	68
Figura 2.7 - Variação da posição do sol	70
Figura 2.8 - Inverno/Verão	70
Figura 2.9 - Esquema de vegetação no Verão e Inverno	74
Figura 2.10 - Esquema de formação de brisa	76
Figura 2.11 - Esquema de ilha de calor	78
Figura 2.12 - Ganho directo	84
Figura 2.13 - Ganho directo, edifício LOTT Clean Water Alliance Regional Services Center, Washington, USA	84
Figura 2.14 - Esquema de funcionamento da parede de trombe	90

Figura 2.15 - Detalhe da parede de trombe, Casa Shäfer, Porto Santo	90
Figura 2.16 - Esquema de funcionamento de estufa	100
Figura 2.17 - Exemplo de estufa, Willow Park, Lacanshire, UK	100
Figura 2.18 - Exemplo de estufa, Paxton Court, Sheffield, UK	100
Figura 2.19 - Sistema colector de ar	104
Figura 2.20 - Janela eco-eficiente	104
Figura 2.21 - Sistema de sombreamento na Preparatory Academy, Hawai	110
Figura 2.22 - Sistema de sombreamento	110
Figura 2.23 - Esquema de mudança de direcção do vento	112
Figura 2.24 - Esquema de ventilação da Casa Shäfer, Porto Santo	114
Figura 2.25 - Pormenor de chaminé solar, Casa Shäfer, Porto Santo	116
Figura 2.26 - Pormenor exterior de chaminé solar, Casa Shäfer, Porto Santo	116
Figura 2.27 - Esquema de aspirador estático	116
Figura 2.28 - Esquema de torre de vento	116
Figura 2.29 - Exemplo de construção enterrada. Casa Baião, Souto Moura	118
Figura 2.30 - Casa Baião, Souto Moura	118
Figura 2.31 - Cortina de água pela fachada do Tea Pavilion, Tailândia	118
Figura 2.32 - Arrefecimento Evaporativo	118
Figura 2.33 - Vista superior do pátio da Casa em Leiria, Aires Mateus	120
Figura 2.34 - Pormenor interior do pátio, Casa em Leiria, Aires Mateus	120
Figura 2.35 - Sistema de ventilação da Casa Solar, Porto Santo	120
Figuras 3.1 - Casas na areia, Comporta	130
Figura 3.2 - Pavilhão comum	132
Figura 3.3 - Pormenor de cobertura	132
Figura 3.4 - Diagrama de ventilação	132
Figura 3.5 - Diagrama de trocas de calor	132
Figura 3.6 - Pavilhão desportivo, Braga	136
Figura 3.7 - Campo de jogos interior	136
Figura 3.8 - Iluminação superior	136
Figura 3.9 - Esquema de Inverno	136

Figura 3.10 - Esquema de Verão	136
Figura 3.11 – Esboço	140
Figura 3.12 - Vista norte, Casa Romeirão, Ericeira	140
Figura 3.13 - Vista sul, Casa Romeirão	140
Figura 3.14 - Esquema geral de ganho de radiação solar directa no Inverno	142
Figura 3.15 - Esquema de ventilação, aproveitamento de radiação solar directa, acumulação e distribuição térmica	142
Figura 3.16 - Esquema de controlo da incidência de radiação solar directa no Verão	142
Figura 3.17 - Esquema de circulação de ar	142

INTRODUÇÃO

Actualmente, os debates sobre a sustentabilidade dos recursos e a necessidade premente de os preservar são temas recorrentes. Dentro desta imensa área emerge a arquitectura como um factor de influência significativa e crescente e, naturalmente, decorre daí uma colectânea de adjectivação (sustentável, ecológica, amiga do ambiente ou verde) que configuram a sua adequação às circunstâncias desejáveis da prática disciplinar. Tudo isso me estimulou o desejo de aprofundar um tema de difícil circunscrição.

Ao longo do trabalho apercebi-me da infinita abrangência do tema, pelo que me foquei numa especificidade da disciplina: a arquitectura bioclimática. Depois de decidida a matéria de estudo procurei determinar com a máxima precisão a minha pesquisa sobre o papel da arquitectura bioclimática no contexto português. Ao longo do meu percurso deparei-me com a ambição de compreender a razão de uma não aplicação generalizada desta abordagem à arquitectura em Portugal. A questão revelou-se desconcertante e a sua compreensão brindou-me com alguma perturbação, pelo que o objectivo desta investigação foi o de abrir caminho à reflexão e a uma nova linha de pensamento.

A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se na pesquisa documental e foi realizada em quatro etapas: recolha bibliográfica,

leitura do material reunido, análise comparativa da mesma, e organização dos dados para redacção do trabalho. A recolha bibliográfica foi feita através da consulta de diversas obras de referência, teses de distintas instituições e entidades, entrevistas relativas ao tema, artigos em revistas e regulamentos legislativos. A selecção fixou-se em função da pertinência e áreas de interesse, de forma a encontrar respostas à questão que procurava: haverá uma aplicação generalizada dos princípios de arquitectura bioclimática em Portugal?

A organização desta dissertação estrutura-se em três partes: a primeira faz um enquadramento histórico da arquitectura como experiência disciplinar bioclimática; a segunda procura esclarecer com exactidão o que representa a bioclimática na arquitectura e o terceiro capítulo analisa alguns estudos de caso, colocando em evidência a singularidade de cada projecto quando se dialoga com o clima.

Devido à extensão do segundo capítulo, explicito mais detalhadamente os princípios que o compõem. Este procura esclarecer, não só os pressupostos generalistas de toda a arquitectura bioclimática, mas também, e sobretudo, mostrar que esta área de estudo é bastante abrangente, abarcando uma teia de complexas relações entre os sectores económico, político, ambiental e social. Esta não se limita exclusivamente ao tratamento do edifício, devendo ser entendida num registo mais amplo relativo ao ambiente urbano. Como consequência, pretendo levantar a questão da bioclimática no quadro do planeamento urbano, mostrando que os padrões de conforto não se estendem para a cidade e que nesta é recorrentemente renegada uma relação de diálogo com o clima, gerando, na maior parte das vezes, situações de desconforto e agressividade. Expõem-se, também, os efeitos do clima no ser humano e aborda-se a zona de conforto e suas variações, relacionando-a com os elementos climáticos. A necessidade de compreender e estudar o clima para a obtenção de maior conforto é evidenciada, assim como, a complexidade que se encontra por trás de qualquer pretensa standardização da arquitectura bioclimática.

Não há soluções únicas nem perfeitas, cada caso deve ser avaliado na sua situação singular e personalizado de acordo com as suas condicionantes. Analisam-se, ainda, os elementos que influenciam directamente a sensação de conforto humano, designadamente a temperatura, a radiação solar, a hidrotérmica e os efeitos dos ventos. A compreensão destes elementos e a sua inter-relação é essencial para conquistar um projecto climaticamente equilibrado e são. Não se deve apreender os elementos climáticos e todas as condicionantes da bioclimática separadamente, estes devem ser compreendidos de forma holística, visto que todos se influenciam e interpenetram. São ainda enumerados os principais factores determinantes para a realização do projecto arquitectónico, no entanto, não se pretende apresentar fórmulas, apenas mostrar a multiplicidade de agentes que podem ser considerados aquando da realização do projecto, de forma a melhorar substancialmente o desempenho do mesmo. Assim, na selecção da implantação é decisiva a compreensão de elementos como: o microclima, a topografia, os efeitos da radiação solar e a envolvente natural e construída. A orientação solar é, também, marcante nas condições de conforto, pelo que, o conhecimento da sua variação anual, mensal e diária é imprescindível. O entendimento da morfologia natural e urbana, assim como os ciclos de vento são, igualmente, indispensáveis para o desenho arquitectónico, de forma a otimizar os recursos disponíveis. Apresenta-se um subcapítulo com a pretensão de referir as várias estratégias bioclimáticas disponíveis para se atingirem altos níveis de conforto interiores, com aquilo que o clima nos oferece no exterior. São mencionadas as estratégias solares passivas de aquecimento e arrefecimento, clarificando sempre que cada caso é único, e que aquilo que funciona numa situação, pode ser desastroso para outra. Estas estratégias não devem ser entendidas apenas num domínio técnico, mas também na sua realidade cultural, económica e social, pois tudo faz parte de um ecossistema muito mais complexo. Por último, considera-se pertinente contextualizar este assunto face à realidade portuguesa. Coloca-se em destaque o desinteresse e a falta de conhecimento existente em

relação a esta área de estudo, mostrando as principais razões desta situação. Aborda-se, ainda, a falta de suporte legislativo adequado relativamente a esta prática, pondo em evidência a necessidade de tecnologias mecânicas como principal recurso para a obtenção de conforto, com ampla divulgação no país.

A experiência da arquitectura bioclimática tem pouca visibilidade e a sua divulgação junto da sociedade actual, bem como, junto dos principais sectores ligados à prática profissional, é escasso. A arquitectura em Portugal continua a recusar crescer para níveis de maior eficiência passiva, fazendo uso do recurso a tecnologias quase exclusivamente mecânicas para suprir as necessidades de conforto que não podem ser cobertas pela própria construção. A legislação apoia e incentiva a utilização dessas mesmas tecnologias, ignorando totalmente o número de horas de radiação solar com que somos beneficiados, o que, se considerado, permitiria uma realidade construtiva bem diferente daquela que experienciamos hoje.

Porque será que todos os sectores da nossa sociedade parecem ignorar a urgência de se realizar uma arquitectura responsável e de qualidade? Porque continuamos a negligenciar um clima privilegiado? Penso que temos de evoluir para níveis de pensamento e raciocínio livres de dogmas e interesses. Será que uma aprendizagem destes e outros valores será suficiente? Será um caso de mera escassez de informação ou divulgação dos processos e técnicas descobertas e disponíveis?

São questões que deixo em aberto para servirem de ponto de partida para novas reflexões.

CAPÍTULO I - ESTADO DA ARTE

1.1. A evolução da arquitectura

Desde o início da sua existência, o ser humano sempre sentiu a necessidade de procurar refúgio para se abrigar dos perigos exteriores e das condições climáticas. Inicialmente apropriou-se de locais naturais para se abrigar, como cavernas e grutas, evoluindo para outras formas de habitar, à medida que as sociedades se tornavam mais complexas.¹

Durante o período da antiguidade, o homem recorreu à sua inteligência e engenho para reagir ao ambiente natural, de maneira a alcançar um equilíbrio interno com a natureza, elemento com o qual sempre viveu sintonizado desde o início da humanidade. As suas criações eram, de algum modo, naturais, pois os materiais eram oferecidos pela própria paisagem².

Com a chegada da revolução industrial, a herança do conhecimento e o manuseamento das técnicas tradicionais foi sendo progressivamente perdida ou esquecida. A criação de beleza foi parcialmente substituída pela industrialização, por uma globalização de gostos e sentidos, que originou uma drástica mudança cultural,

1 YEANG, Ken - Climatic differentiation. In HAGAN, Susannah - Taking Shape, 2001, p. 163

2 FATHY, Hassan - *Natural Energy and Vernacular Architecture*, 1986, p. 9; OLGAY, Victor - *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, 1998, p. 2

social e económica³. Assistiu-se a uma total ruptura com o passado, na qual se invertem todos os valores e conceitos anteriormente aceites. Para além dos sistemas tecnológicos passarem a solucionar os problemas de uma construção deficitária, associaram-se, ainda, a uma ideia de modernidade.⁴ Sobretudo em países onde a evolução foi mais lenta, este aspecto passou a encontrar-se vincadamente marcado no subconsciente de cada individuo. Tornou-se mais importante obter estes mecanismos e adoptar ideias importadas de outros países, do que construir de acordo com o clima e a região, tirando partido das características regionais, de forma a atingir melhores níveis de eficiência energética e maior conforto térmico. Esta rejeição dos próprios costumes e tradições por parte das sociedades ocorre devido a um desejo de status social e de aproximação a uma forma industrializada e “moderna” de viver, trabalhar e consumir⁵.

Este problema cultural deve ser contrariado pelas instituições públicas e particulares em cada país, de modo que se consiga um maior desenvolvimento do mesmo, visto que a civilização é determinada pela cooperação que desempenhamos para com ela, e não, por aquilo que copiamos de outras culturas e sociedades.

1.2. A tradição vernacular portuguesa

Segundo Fathy (1980), *“a melhor definição de arquitectura é aquela que resulta da interacção entre a inteligência humana e o seu ambiente natural, de forma a satisfazer as suas necessidades, tanto espirituais como físicas”*.⁶

Portugal oferece-nos um legado bastante vasto da sua arquitectura vernacular, que soube com mestria interagir com o clima, criando habitats que reflectiam as necessidades psicológicas e funcionais da população.

3 FATHY, Hassan - *Natural Energy and Vernacular Architecture*, 1986, p.10

4 FATHY, Hassan - *Natural Energy and Vernacular Architecture*, 1986, p.11

5 SHORBAGY, Abdel - Hassan Fathy: the unacknowledged conscience of twentieth century architecture, p.45

6 Apud RICHARDS, J.M. - In the International Context, p. 12

Com um clima meridional bastante privilegiado, de forte carácter mediterrâneo, em Portugal predominam as áreas de baixa altitude, com 71,4% do solo abaixo dos 400 metros de altitude e apenas 11,6% acima dos 700 metros.⁷ No entanto, a materialização destes números faz-se de maneira bastante desigual ao longo de todo o território, originando duas zonas distintas e praticamente opostas: o norte e o sul do país. O primeiro abarca a maior parte das zonas de grande altitude, e o segundo a maioria das áreas de baixa altitude.⁸

O sul é caracterizado por um Verão sem chuva, quente e seco, em alternância com um Inverno ameno, fresco e curto, no qual se sucedem desordenadamente os dias de chuva e sol. A escassa precipitação no Verão é uma situação particular quando comparada à dinâmica dos restantes lugares do mundo, onde a precipitação é uma constante, repartindo-se igualmente ao longo de todos os meses do ano.⁹ A fauna e a flora estão adaptadas a este tipo de clima, sendo a vegetação rasteira e menos abundante, representada por uma mistura de plantas da Europa Central e dos países mediterrânicos.¹⁰

Apesar do carácter mediterrâneo, é o Oceano Atlântico o grande regulador da atmosfera. A diferença de temperatura entre o mês mais frio e o mês mais quente é moderada em todo o litoral.¹¹ O norte do país revela grande influência oceânica, registando as mais elevadas precipitações e as mais baixas temperaturas médias anuais. Nesta área distinguem-se duas zonas climáticas: a atlântica, a noroeste, que corresponde à região compreendida entre o litoral oceânico norte e a barreira de montanhas, e a zona transmontana, a nordeste, compreendendo as terras de Trás-os-Montes e Beira Interior.

O Noroeste apresenta clima atlântico característico, temperado, fresco e muito pluvioso – a Ibéria Húmida. É uma região predominantemente granítica, com incidência de xistos e vegetação variada e densa, onde se desenvolve uma policultura intensiva.

7 RIBEIRO, Orlando - *Portugal o Mediterrâneo e o Atlântico: esboço de relações geográficas*, 1967, p. 60

8 *Ibidem*, p.73

9 ARAÚJO, Maria - *A originalidade do clima mediterrâneo*, 2001, cap.4

10 RIBEIRO, Orlando - *Portugal o Mediterrâneo e o Atlântico: esboço de relações geográficas*, 1967, p. 74

11 *Ibidem*, p. 153



Figura 1.1 - Arcos de Valdevez, Gondoriz (OLIVEIRA, 1994)

A barreira montanhosa que vai do Gerês ao Marão e do Montemuro à cordilheira central veda o acesso às influências oceânicas, marcando o limite interior da zona climática atlântica e o início da zona transmontana. Aqui, o clima é do tipo continental, com alto índice pluviométrico, neve, frio intenso no Inverno e calor seco no Verão – a Ibéria Seca. Devido à rudeza do clima, a vegetação e o arvoredo escasseiam, predominando apenas as espécies mais resistentes, como castanheiros, negrilhos, olivais e sobreiros.¹²

O ser humano, pertencendo a um ecossistema, encontra-se constantemente a reagir ao seu ambiente, alterando-o e sendo alterado por ele. Da mesma forma, um edifício também é influenciado pela sua envolvente; o clima do local e a envolvente construída à sua volta moldam-no, de maneira que, embora os aspectos económicos, sociais e culturais sejam importantes, a sua forma deriva sobretudo dos primeiros factores.¹³

Nesta sequência de ideias, não será de estranhar que a casa tradicional portuguesa seja o reflexo do clima em que se encontra inserida. De uma forma geral, distingue-se a casa tradicional do norte e a casa tradicional do sul.

A casa nortenha é uma construção de planta rectangular, de rés-do-chão e andar, destinada a guardar os animais no piso térreo e a abrigar as pessoas no piso superior. Estes dois pisos são sobrepostos mas independentes, marcando, assim, uma clara distinção de funções.

A varanda e a escada exterior paralela à habitação são também elementos típicos de construção popular. O tipo de material mais empregue é exactamente aquele que mais abunda nestas regiões, nomeadamente, a pedra.¹⁴

A casa do sul reflecte o contraste de clima com o norte. Com características climáticas, geomorfológicas, culturais e económicas

12 OLIVEIRA, Ernesto & GALHANO, Fernando - A Arquitectura Tradicional Portuguesa, 1994, p.26

13 FATHY, Hassan - Natural Energy and Vernacular Architecture, 1986, p. 16

14 OLIVEIRA, Ernesto & GALHANO, Fernando - A Arquitectura Tradicional Portuguesa, 1994, p.27

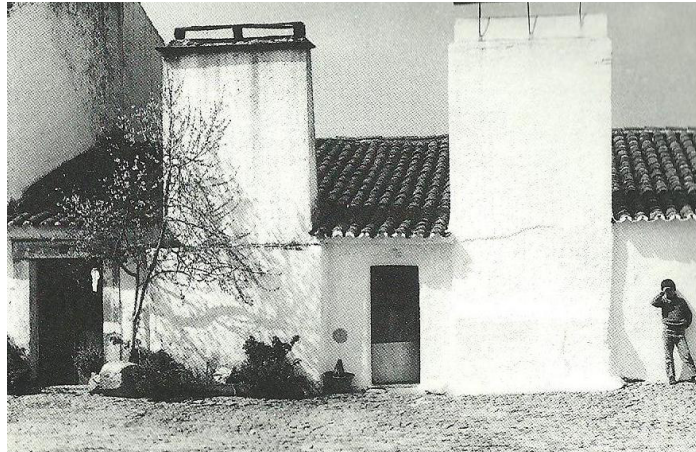


Figura 1.2 - Alentejo (OLIVEIRA, 1994)



Figura 1.3 - Alentejo (OLIVEIRA, 1994)

bem diferentes da zona norte, a casa do sul espelha essas mesmas distinções, tanto formalmente, como a nível plástico, material e funcional.

Os arenitos, tijolo e taipa são materiais abundantes nesta região, apresentando também boas capacidades de isolamento térmico, sendo por estas razões os mais empregues. A casa é sempre rebocada e caiada a branco, tanto exteriormente como interiormente, e as aberturas são escassas e de pequenas dimensões, servindo como mecanismos de defesa contra a luz e as altas temperaturas. A casa é normalmente de planta rectangular, no entanto, e ao contrário da casa nortenha, apresenta apenas um só piso, não só porque os materiais empregues não teriam robustez para aguentar uma construção mais elevada, mas também, porque no sul a função da casa é apenas de habitação.¹⁵

Já no séc. I d.C., Vitruvius recomendava que os edifícios deveriam estar adequados ao clima e região onde se inserem:

“Estes ficarão correctamente dispostos desde o início se tiver presente em que zonas e em que latitude são construídos. Parece com efeito, que convém levantar várias tipologias de edifícios de uma maneira no Egipto, de outra na Hispânia, não do mesmo modo no Ponto, diversamente em Roma, como acontece com as diferentes propriedades das terras e regiões, porque numa terra se encontra sob a pressão do curso do Sol, noutra se afasta dele, e fica temperada no meio”¹⁶

De facto, foi esta a realidade praticada em Portugal durante vários séculos, uma construção estritamente relacionada com os materiais regionais e as características climáticas, de forma a otimizar os recursos e a tornar o abrigo confortável termicamente.

¹⁵ *Ibidem*, p.152

¹⁶ VITRÚVIO, Marcco- *Tratado de Arquitectura*, 2006, p. 221

1.3. Arquitectura portuguesa no século XX

O século XX foi um período conturbado na história da arquitectura portuguesa, caracterizado pela Primeira República, as guerras e os anos de ditadura. A época posterior à Primeira Grande Guerra marca o fim de um período e o início de um novo ciclo. Assiste-se ao desenvolvimento da industrialização, da ciência e da técnica, e conseqüentemente, o desenvolvimento dos transportes, a racionalização da economia e da produção, a urbanização do campo e o aumento da população. Os padrões vigentes até então vão sendo progressivamente substituídos por novos valores, que reflectem uma nova sociedade, originando o desaparecimento dos traços arquitectónicos regionais e o esquecimento ou esbatimento dos saberes vernaculares. A arquitectura adapta-se, assim, a novos valores e modos de viver.¹⁷ Este novo conceito de arquitectura desajustou-a da paisagem natural e humana, espelhando uma nova ordem de valores assente no progresso material e promoção social.

O fenómeno da universalização da arquitectura, preconizada pelo Estilo Internacional, que defendia a aplicabilidade de um edifício a qualquer parte do mundo, assim como uma atmosfera estanque, isolada do exterior¹⁸, teve também alguma expressão no contexto nacional. Os arquitectos portugueses souberam explorar formalmente estes conceitos, embora com menor intensidade, devido ao regime ditatorial, e à presença constante de uma denotação regionalista nas suas experiências.

Como consequência instalou-se, em 1937, grande polémica sobre o tema “Modernidade vs. Portuguesismo”, conduzindo a uma procura de equilíbrio entre modernidade e tradição; este período ficou conhecido como “Segunda Geração do Modernismo”.¹⁹

Esta fase de expressão ideológica e arquitectónica foi abafada rapidamente pelos órgãos estadistas, iniciando-se, paralelamente,

17 OLIVEIRA, Ernesto & GALHANO, Fernando - *A Arquitectura Tradicional Portuguesa*, 1994, p.368,369

18 LE CORBUSIER - *Precisões sobre um estado presente da arquitectura e do urbanismo*, 2004, p.74

19 CALDAS, João V. - *Cinco entremeios entre o ambíguo Modernismo*. In *Arquitectura do séc.XX: Portugal*, 1997



Figura 1.4 - Estilo Português Suave, Casa dos Patudos, Raul Lino (<http://pt.wikipedia.org>)



Figura 1.5 - Estilo Português Suave, Agência da Caixa Geral Depósitos, Santarém (<http://pt.wikipedia.org>)

uma manipulação da arte enquanto meio de propaganda do estado, congelando os ensaios modernistas e incitando a uma “arquitectura nacional”. Ao contrário do esperado, esta abordagem não recebeu grande resistência por parte do sector arquitectónico, não só porque a maioria apoiava o regime, mas também pela superficialidade com que exploravam os princípios do Movimento Moderno.²⁰ A arquitectura que serviu de meio propagandista ao Estado Novo designou-se por “Português Suave”, e apresentou forte carácter revivalista, utilizando elementos da tradição arquitectónica nacional através da colagem, resultando em soluções estranhas e folclóricas.²¹

Após a derrota dos movimentos nacionalistas e fascistas com o fim da II Guerra Mundial, assiste-se a um desanuiamento do campo cultural e a um fomento do sector industrial.²² Criaram-se, então, condições ao debate e reflexão, pelo que Távora (1945) aborda a questão da continuidade da arquitectura portuguesa, focando a necessidade de progresso e mudança para a sua continuação, e portanto, a necessidade de aplicação dos princípios do Movimento Moderno.²³

Em meados da década de 50 surge a vontade de integrar a modernidade na tradição, redireccionando o modelo racionalista de reconstrução do pós-guerra para as raízes rurais da arquitectura portuguesa. Assim, em 1955 inicia-se o “Inquérito à Arquitectura Regional Portuguesa”, que tem como objectivo combater o conservadorismo político e o esquematismo e despersonalização do Estilo Internacional.²⁴ Este trabalho culminou com a publicação de um livro em 1961, intitulado “ArquitECTURA Popular Portuguesa”, mostrando que os valores do vernáculo ainda podem e devem ser usados como ensinamentos para o futuro. Este foi um marco importante para fomentar a reflexão e revisão da linguagem arquitectónica, sugerindo uma aproximação da arquitectura ao lugar e à forma de vida da

20 PEREIRA, Nuno T. - A arquitectura do regime. In *ArquitECTURA do séc. XX: Portugal*, 1997

21 ALDEIA, Lara - O compromisso entre o moderno e o tradicional na habitação isolada, 2010, p. 47

22 PEREIRA, Nuno T. - *A arquitectura do regime*. In *ArquitECTURA do séc. XX: Portugal*, 1997

23 FERRÃO, Bernardo J. - *Tradição e Modernidade na obra de Fernando Távora 1947-1987*. In TRIGUEIROS, Luis - Fernando Távora, 1993, p. 24

24 TOSTÕES, Ana - *Modernização e Regionalismo, 1948-1961*. In *ArquitECTURA do séc. XX: Portugal* 1997

população. A arquitectura vernacular passou a ser compreendida como racional e funcional, expressão da habilidade humana em se adaptar às circunstâncias, ao clima e à paisagem.

Apesar do importante contributo que o inquérito possuiu, a sua repercussão foi bastante reduzida, devido, essencialmente, às intensas transformações de que Portugal foi alvo, nomeadamente, as grandes vagas de emigração nos anos 50 e 60, e a queda do regime em 1974. Esta situação teve catastróficas consequências na arquitectura e no planeamento territorial.²⁵

A construção de casas para os emigrados tornou-se numa mistura de culturas e num desejo de ostentação, resultando em volumes extravagantes e totalmente descontextualizados do lugar, transformando a paisagem rural num espaço de competição de riquezas.²⁶

Portugal desenvolveu-se, assim, a partir de uma inadequada organização espacial, com grandes desajustes de escala, resultando numa mistura de linguagens e estilos. A construção sem qualidade e responsabilidade ambiental e cultural contribuiu bastante para a situação de défice ecológico em que o país se encontra. O planeta não tem capacidade regenerativa para satisfazer as necessidades da humanidade²⁷, pelo que a sociedade tem que se consciencializar deste problema e esforçar-se para revertê-lo, de forma a dar continuidade às gerações futuras.

A construção arquitectónica consciente, otimizando os recursos disponíveis de forma a atingir a eficiência energética e o conforto interno, tornam-se imperativos neste momento. A arquitectura deve resgatar as suas raízes no lugar e na cultura de cada região, ao invés de importar um internacionalismo, que se baseia apenas na tecnologia.

A arquitectura bioclimática surge, neste contexto, mais do que

25 VIEIRA, A. Siza - *Arquitectura e transformação*. In *Arquitectura do séc. XX: Portugal, 1997*

26 FERNANDEZ, Sergio - *Arquitectura Portuguesa, 1961-1974*. In *Arquitectura do séc. XX: Portugal, 1997*

27 Relatório Planeta Vivo 2010: Biodiversidade, Biocapacidade e desenvolvimento

nunca como necessidade de mudança de paradigmas para combater a situação actual, mas na realidade, a bioclimática não é uma disciplina autónoma que se propõe adoptar no quadro da arquitectura, mas sim, simplesmente, arquitectura, pois para ser boa arquitectura tem de ser bioclimática, de forma a responder de forma eficaz, consciente e responsável às necessidades das populações. Esta é apenas uma designação para evidenciar a necessidade de transformação, numa altura em que os valores de boa construção parecem estar esquecidos.²⁸

28 ROMERO, Marta - *Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano*, 2001, p. 3

CAPÍTULO II - A bioclimática na arquitectura

2.1. Definição

Arquitectura bioclimática consiste em projectar um edifício de acordo com as especificidades do clima e as características ambientais do local onde se insere, de forma a atingir a eficiência energética e o conforto ambiental interno, utilizando para isso, a energia que pode ser directamente obtida das condições ambientais¹.

Actualmente, os edifícios são bastante independentes do local de implantação, o que conduz a uma exagerada dependência de fontes de energia não renováveis para manter o conforto interno. O âmbito da arquitectura bioclimática é precisamente o contrário, ou seja, otimizar os recursos que o meio natural oferece de forma a encontrar o conforto interno, levando a uma independência das energias fósseis, e a um diálogo com o ambiente natural que lhe dá abrigo.

Os factores climáticos e ambientais são, assim, decisivos no projecto bioclimático, todavia, estes não são os únicos factores a serem considerados. Este conceito engloba uma teia de complexas relações entre a componente ambiental, social, económica e cultural. Todos estes factores se condicionam e interrelacionam, originando

1 OLGAY, Victor - Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas, 1998; *A Green Vitruvius: principios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*, 2001

uma problemática nem sempre fácil de gerir.

A componente social consagra em si diferentes grupos de indivíduos, comportamentos, estilos de vida e actividades profissionais, carregando o desafio de dar resposta às necessidades de uma sociedade, de modo a não prejudicar o seu ambiente físico e, simultaneamente, a ser capaz de gerir as tensões sociais dela resultante². No entanto, os interesses económicos nem sempre coincidem com os ambientais e sociais, pelo que, quando esta situação se apresenta, o factor económico é sempre o mais privilegiado. Por outro lado, é a cultura da sociedade que determina a viabilidade da aplicação de determinados conceitos, conduzindo à rejeição da mudança, se esta não estiver alinhada com a mentalidade da população, mesmo que seja favorável a nível ambiental, social e económico.

Esta breve exposição procura explicar a dificuldade deste conjunto de factores coexistirem e, conseqüentemente, explica a difícil aceitação da arquitectura bioclimática no contexto nacional. Como foi já referido, em Portugal está muito enraizada, no subconsciente popular, a associação de aparelhos tecnológicos ao poder e à afirmação social, o que impede o reconhecimento da importância da aplicação de estratégias passivas ao projecto de arquitectura. Enquanto a identidade e diversidade cultural for identificada com pré-modernidade, e a pré-modernidade com inferioridade, privação ou sentimentalismo, a defesa de uma arquitectura enraizada no clima continua a ser problemática, quaisquer que sejam as suas vantagens ambientais, sociais ou económicas³

Para além disto, a falta de apreciação destes procedimentos por parte daqueles que não se sentem genuinamente comprometidos com o ambiente, constitui um entrave maior para a aceitação de uma arquitectura bioclimática. É encarada como limitativa à imaginação, ao fluir natural de ideias no processo criativo, não sendo percebida,

² CARVALHO, Vânia - *Contributos bioclimáticos para o planeamento urbano sustentável: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas*, 2006, p. 35

³ HAGAN, Susannah - *Taking Shape*, 2001, p. 118



Figura 2.1 - Espaço público de encontro colectivo, Parque das Nações, Lisboa



Figura 2.2 - Praça Catalunha, Barcelona

mesmo pelos próprios profissionais, como uma mais-valia no binómio forma/conteúdo⁴.

A cidade é o palco principal das relações humanas, das actividades económicas e, conseqüentemente, das maiores perturbações induzidas pelo homem na paisagem⁵. Assim, a abordagem bioclimática deverá sempre prever um processo que enquadre as partes no todo, ou seja, o edifício na estrutura urbana, originando, assim, espaço público de qualidade. Devido à vastidão do tema, não se pretende aprofundar a componente cidade nesta dissertação, no entanto, deseja-se focar de forma resumida alguns aspectos que se afiguram importantes para a compreensão da interdisciplinaridade do tema em estudo.

O aumento da especialização e compartimentação da sociedade moderna deslocou para o interior dos edifícios, não só muitas das actividades que anteriormente tinham lugar no exterior, mas também os momentos de lazer e recreio, iniciando-se, assim, um abandono do espaço público em prol dos interiores edificados. Durante este processo de modificação dos comportamentos sociais, a importância concedida à criação de zonas agradáveis para o convívio foi sendo cada vez mais descurada, conduzindo a uma crescente desconexão com o ambiente natural⁶. O avanço tecnológico e as invenções mecânicas isolaram os edifícios do espaço urbano envolvente, pelo que se assiste hoje a uma neutralidade ambiental⁷. Assim, mostra-se tão essencial criar condições de conforto no interior do edifício como proporcionar essas mesmas situações de conforto no espaço público, sendo necessário, para isso, fomentar o planeamento de espaços de recreio e lazer, bem como melhorar os existentes através de uma combinação entre equipamentos, materiais e promoção de actividades⁸. Todavia, não existem respostas universais, e cada cidade deverá ser avaliada individualmente, segundo o seu próprio

4 *Ibidem*, p. 11

5 CARVALHO, Vânia - *Contributos bioclimáticos para o planeamento urbano sustentável: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas*, 2006, p. 35

6 SERDOURA, Francisco - *As dimensões do espaço urbano público*, 2007, p. 150

7 SENNET (1994) in SIMÕES, Fausto - *Queremos casas ou máquinas de habitar?* [20-?]

8 GEHL & GEMZOE (2000) in SERDOURA, Francisco - *As dimensões do espaço urbano público*, 2007, p.151

contexto e carácter⁹.

2.2. Interpretação bioclimática

Os factores climáticos influenciam de forma determinante os comportamentos do ser humano, pois o esforço constante a que está sujeito para atingir o equilíbrio biológico produz diversas reacções físicas e psicológicas. Quando o homem se encontra num estado em que a energia despendida para se adaptar a envolvente é mínima, diz-se que se encontra na sua zona de conforto, sendo toda a sua energia canalizada para a produtividade¹⁰.

O edifício é o principal instrumento que permite ao ser humano satisfazer as exigências de conforto, pois modifica a sua envolvente natural, protegendo-o dos efeitos dos elementos climáticos¹¹, nomeadamente, condicionando a temperatura do ar, a radiação solar, a humidade e a taxa de deslocação do ar. Estes agentes, combinados com a taxa metabólica humana, explicam de que forma o corpo humano interage com os aspectos climáticos e como mantém a sua estabilidade térmica – temperatura operativa¹².

2.2.1. Termodinâmica

As principais leis da termodinâmica sustentam três formas de propagação de calor:

- Entre dois pontos de um corpo ou entre dois elementos, sempre que haja uma diferença de temperatura, ou seja, exista um ponto com mais energia que outro, ocorre transferência de energia térmica entre eles;
- A transmissão faz-se no sentido do ponto de maior energia, temperatura mais elevada, para o de menor energia;

9 ANTHANASSIOU, 1996 in *A Green Vitruvius: princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*, p. 50

10 OLGAY, Victor - *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, 1963, p. 18

11 GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco - *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*, 2004, p. 177

12 OLGAY, Victor - *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, 1963, p. 18

Temperatura operativa: equação desenvolvida por Winslow & Gagge, que combina a temperatura, o movimento do ar e a radiação solar com o metabolismo, de forma a explicar como o corpo humano reage aos efeitos de determinadas condições climáticas, e como mantém a sua estabilidade térmica.

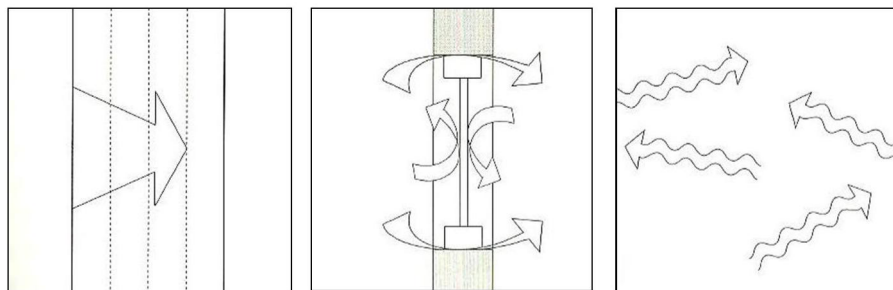


Figura 2.3 - Formas de transferência de calor: condução, convecção, radiação
(Architectural Association, 1994)

- Verifica-se, ainda, conservação de energia, ou seja, a quantidade de calor que o elemento quente cede é igual a que o elemento frio recebe¹³.

A transmissão de energia sob a forma de calor processa-se de três formas distintas: condução, convecção e radiação.

Condução:

A transmissão de calor por condução ocorre por meio do contacto de moléculas de duas ou mais substâncias que se encontram a temperaturas diferentes, ou seja, é um mecanismo de transmissão directa de calor através do contacto entre superfícies¹⁴.

Convecção:

A transmissão de energia térmica por convecção está associada à transmissão no interior de um fluido ou entre um fluido e uma superfície sólida, ocorrendo devido ao movimento das partículas desse mesmo fluido. Concretamente no caso do edificado pode afirmar-se que é a transferência de calor por meio de correntes, pelo que quanto maior a renovação de ar adjacente ao corpo, maior a amplitude de transferência de calor¹⁵.

Radiação:

A transmissão de calor por radiação ocorre de maneira diferente dos fenómenos descritos anteriormente, pois não necessita de espaço físico para acontecer. Todos os corpos emitem e recebem radiações e as suas emissões realizam-se em função das suas temperaturas absolutas (nível energético do corpo). Assim, é continuamente libertada energia sob a forma de ondas electromagnéticas, abrangendo o domínio do infravermelho e do ultravioleta. Como o corpo humano se encontra a uma temperatura mais ou menos constante de 37°C, emite continuamente radiação sob a forma de infravermelhos para o

13 ROUSSADO, Francisco - *Avaliação dos Impactes Construtivos e Ambientais da Regulamentação Térmica*, 2008, p. 5

14 *Ibidem*, p. 6

15 *Ibidem*, p.7,8

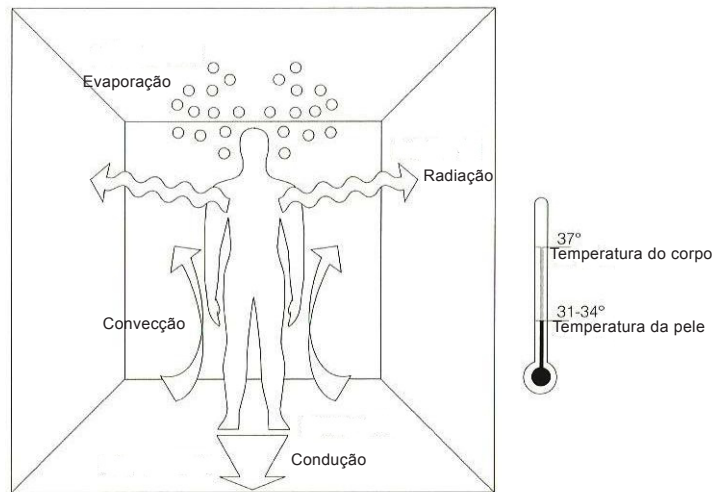


Figura 2.4 - Mecanismos de perda de calor do corpo humano
(Architectural Association, 1994)

meio ambiente¹⁶.

2.2.2. Conforto térmico

O conforto térmico não apresenta um conceito exacto, pois integra um conjunto de factores que estão associados tanto a factores quantificáveis – temperatura do ar, radiação solar, humidade e deslocação do ar – como aos factores não quantificáveis – vestuário, estado mental, emocional, educação, cultura, raça, sexo. Assim, a noção de conforto oscila consoante a aclimação da pessoa ao local em que se insere e conforme a envolvimento intelectual e social local à qual está sujeita ou condicionada.¹⁷

Em condições plenas de saúde, o corpo humano funciona praticamente a temperaturas constantes, variando entre 36,1°C e 37,2°C. A manutenção desta temperatura é conseguida através do aparelho termorregulador que controla a produção e eliminação de calor do corpo, manifestando-se através de um conjunto de processos que incluem a vasoconstrição, os arrepios, a vasodilatação e a transpiração. Estes processos constituem um esforço físico acrescido e, portanto, originam um estado natural de cansaço e fadiga¹⁸.

Assim, a sensação de conforto térmico está associada a um estado de neutralidade térmica, o qual é induzido pelo balanço térmico das trocas de calor entre o corpo humano e o meio que o rodeia, em intercâmbio realizado através de quatro processos principais: radiação, condução, convecção e evaporação¹⁹.

O desafio do arquitecto consiste em criar edifícios que não produzam tensões negativas sobre o mecanismo interno de compensação de calor do corpohumano²⁰. No entanto, para atingir esse

16 SILVA, Elisa - Luz e calor, 1999, p. 28 ; OLGAY, Victor, op. cit. p. 21; *A Green Vitruvius: princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*, 2001, p. 26,27

17 ROUSSADO, Francisco, op. cit. p. 28; *A Green Vitruvius: princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*, 2001, p. 26,27

18 ALMEIDA, Hélder - *Análise do conforto térmico de edifícios utilizando as abordagens analítica e adaptativa*, 2010, p. 5 *A Green Vitruvius: princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*, 2001, p. 26,27

19 RUAS, A.C - Avaliação de conforto térmico, 2001. In ALMEIDA, Hélder, op. cit. p. 5

A evaporação consiste na perda de calor acompanhada da vaporização de um líquido a partir da superfície corporal.

20 OLGAY, Victor, op. cit. p.23

conforto ambiental interior ainda são, cada vez mais, privilegiados os sistemas mecânicos, constituindo-se como uma grande sobrecarga para o ambiente, devido aos altos valores de consumo energético, e consequentes e inevitáveis emissões de CO₂²¹. Isto acontece pois, actualmente, experienciamos uma necessidade de controlo geral, que se reflecte na busca da temperatura e luminosidade ideais, desvinculando o interior dos espaços do ambiente exterior²². A climatização interna deve ser reservada ou restringida, sempre que possível, apenas aos climas extremos, onde o bem-estar térmico não consegue ser atingido através da implementação de meios passivos. Nas restantes situações uma abordagem arquitectónica passiva com optimização e apoio simples dos recursos naturais disponíveis, consegue assegurar um ambiente interno agradável, ou suficientemente confortável.

Contudo, não são apenas os factores práticos, como o clima exterior, o edificado, e o corpo humano, que influenciam a sensação de conforto térmico. Também a cultura tem um valor determinante neste aspecto. Logo, torna-se importante que o projecto arquitectónico preveja e possibilite uma certa adaptação e variação óptima do edifício de acordo com os padrões de conforto de quem o vai usufruir.

“Ao reconhecer a mudança como um parâmetro base, aceitando o nível e a extensão da mudança como desconhecido, a habitação flexível é inerentemente sustentável”²³

Porém, a consciência da importância do factor adaptabilidade no edifício é ainda menosprezada ou mesmo desprezada em Portugal, e particularmente no RSECE²⁴, que apenas aborda e incentiva uma versão mecanicista de conforto, tratando o edifício como uma caixa térmica regulada como uma máquina²⁵. Com um clima moderado e altos níveis de insolação, Portugal tem condições para explorar os seus

21 Nicol, F. & Humphreys, M. - Derivation of the adaptive equations for thermal comfort in free-running buildings in European standard EN 15251, 2002. In ALMEIDA, Helder, op.cit. p. 28

22 Ferrier, Jacques - The artificial enable the natural. *Harvard Design Magazine*, 1:30 (2009) p. 47

23 SCHNEIDER, Tatjana & TILL, Jeremy - *Flexible housing*. p.49

24 RSECE: Regulamento dos Sistemas energéticos de Climatização em Edifícios

25 SIMÕES, Fausto - Queremos casas ou máquinas de habitar? [200-?]. [Em linha] Disponível em <http://www.construcaoemagazine.pt/scid/webCM/defaultCategoryViewOne.asp?categoryID=792>

recursos naturais e fazer drásticas mudanças nos regulamentos em vigor, beneficiando os níveis de conforto e baixando substancialmente a dependência dos factores de consumo energético²⁶. Neste sentido, e segundo Rahm (2009):

“Deve ser restaurada a relação de diversidade que o corpo humano mantém com o espaço e a temperatura, de forma a permitir um movimento sazonal no interior dos edifícios, deslocações do piso inferior para o superior, do frio para o quente, do Inverno para o Verão e do vestido para o despido”²⁷.

2.2.3. Elementos climáticos

A conjugação dos vários elementos climáticos – temperatura do ar, radiação solar, humidade e vento – originam diversas variações climáticas que resultam num determinado tipo de clima²⁸. Estes elementos estão sempre interligados, pelo que a solução projectual deve considerar o conjunto de todos eles de uma forma holística, e nunca individualmente²⁹.

Temperatura do ar

A energia proveniente do sol é filtrada pela atmosfera, sendo uma parte reflectida e outra absorvida, sendo posteriormente difundida para a terra. A porção energética que atinge a superfície terrestre vai ser condicionada pela condutividade e capacidade térmica do receptor, determinando a transmissão de calor por condução e as perdas por evaporação, convecção e radiação³⁰.

A latitude, a transparência atmosférica, a natureza da superfície, as massas de água, a circulação atmosférica e oceânica, a altitude e a topografia apresentam-se como os factores reguladores da temperatura à superfície terrestre³¹.

26 SILVA, J.A.R. Mendes da & RAMOS, Ana Teresa - *The applicability of passive solar solutions to Portuguese traditional buildings*, 2003

27 RAHM, Philippe – *Climatic Constructions*. Harvard Design Magazine, 30, p. 36

28 OLGAY, Victor, op. cit. p. 32 & SERRA, Rafael - *Arquitectura y clima*, 1999

29 OLGAY, Victor, op. cit. p.32

30 SANTOS, Ariane; MATTOS, João; ASSIS, Simone - *Frequência de dias claros com base no valor de índice de limpidez*, [s.d.]

31 CUADRAT, José M^o & PITA, Maria Fernanda - *Climatologia*. 2006, p. 74

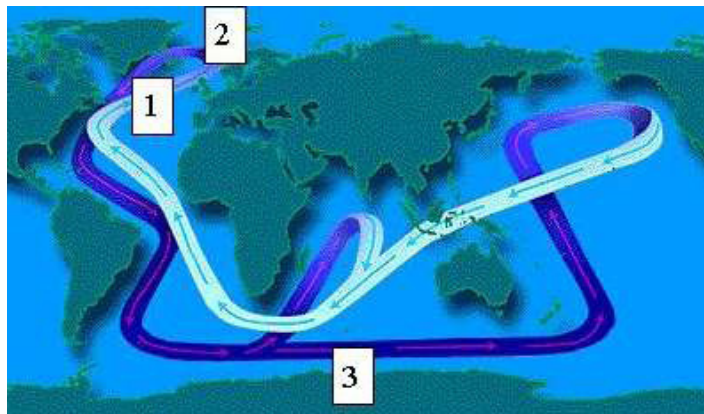


Figura 2.6 - Circulações oceânicas esquematizadas pela NASA ¹

¹ As setas claras indicam o movimento geral da água à superfície dos oceanos e as setas escuras mostram o movimento das águas profundas. Os números indicam:

1- A Corrente do Golfo que transporta calor das regiões tropicais para a Europa do norte; 2- A formação das águas profundas norte atlânticas que resulta do forte arrefecimento da água no pólo norte; 3- A formação das águas profundas antárticas devido à produção de grandes blocos de gelo a volta da Antártida. (<http://www.atmosphere.mpg.de/enid/>)

A latitude é um factor de extrema importância ao determinar a radiação incidente na atmosfera ao longo das várias épocas do ano, condicionando, deste modo, os valores globais de temperatura e as suas alterações.

A transparência atmosférica equilibra a radiação do lugar, pois condiciona tanto as perdas de energia por absorção e reflexão, como pelas detenções de energia infravermelha emitida pela terra.

A natureza da superfície contribui também para se manter o equilíbrio através das perdas por reflexão e irradiação da superfície terrestre.

As massas oceânicas utilizam a energia de modo bastante diferente das superfícies continentais, pelo que o comportamento das temperaturas também se mostra bastante distinto. Como consequência, estas massas de água exercem um papel regulador térmico, atenuando os valores máximos de temperatura e diminuindo a amplitude térmica.

As circulações atmosféricas e oceânicas actuam como transmissores de calor entre os vários lugares da superfície terrestre. Assim, dependendo da característica das massas de água ou de ar serem quentes ou frias, estas aquecem ou arrefecem os lugares que atravessam.

Relativamente à altitude, a temperatura decresce à medida que a altura aumenta.

A topografia, ao condicionar a radiação solar que incide num lugar, origina microclimas bastante acentuados, especialmente em zonas bastante acidentadas, em que a vertente fria e húmida contrasta com a quente e seca³².

A radiação solar

A radiação solar é talvez o factor mais importante na concepção do projecto arquitectónico, visto deter uma dupla função: por um lado

32 CUADRAT, José M^o & PITA, Maria Fernanda - *Climatologia*. 2006, p. 74-77

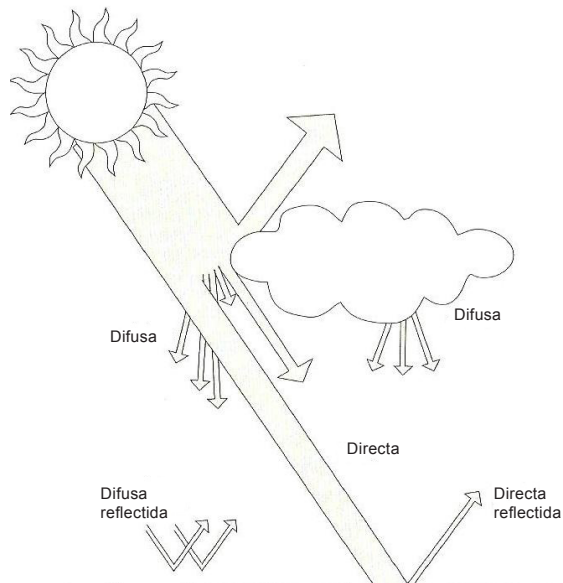


Figura 2.5 - Radiação solar incidente (Architectural Association, 1994)

é responsável pela iluminação natural, e por outro pelo aquecimento das superfícies edificadas³³.

As nuvens, as massas de gelo, a neve e a própria superfície terrestre reflectem grande parte da energia solar incidente, reenviando-a sob a forma de energia reflectida³⁴. Ao atravessar a atmosfera a radiação solar é parcialmente absorvida e transformada em calor pela própria atmosfera. Parte dessa radiação é dispersada pelas moléculas dos gases constituintes e por outras partículas em suspensão, sendo absorvida e reflectida pelas nuvens³⁵. Como resultado destes processos, a radiação é atenuada durante a sua trajectória, podendo apresentar variações dependendo da região. Por outro lado, a relação entre a incidência directa e a difusão de radiação global pode ser aumentada ou diminuída em função da presença de nebulosidade, ou seja, com presença parcial de nuvens, o fluxo radiante é maior, porém, com nebulosidade total, o fluxo de radiação global é menor.

Os edifícios são afectados por cinco tipos diferentes de radiação, nomeadamente, a radiação directa, proveniente directamente do sol, a radiação difusa, originária da abóbada celeste, a radiação reflectida pela superfície terrestre adjacente, a radiação vinda do solo e dos objectos próximos com temperatura elevada e a radiação procedente da troca de calor entre o edifício e o céu³⁶.

A energia solar que incide sobre uma superfície horizontal em tempo quente é sensivelmente o dobro daquela que incide sobre uma superfície vertical. Assim, as superfícies horizontais que envolvem os edifícios reflectem uma quantidade expressiva de calor, apresentando uma intensidade mais ou menos elevada de acordo com o tipo de superfície. Estas superfícies, bem como os objectos aquecidos pela radiação solar que se encontram em torno das edificações, podem

33 MONTERO, Jorge - Ventilação e Iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: estudo dos hospitais da rede Sarah Kubitscheck Fortaleza e Rio de Janeiro, 2006, p. 50

34 OLGAY, Victor, op. cit. p. 34

35 IQBAL (1983) in SANTOS, Ariane; MATTOS, João; ASSIS, Simone - Frequência de dias claros com base no valor de índice de limpidez, [s.d.]

36 *Ibidem*

produzir um aumento considerável de temperatura³⁷. Deste modo, o conhecimento destas variáveis mostra-se de extrema importância para a criação de espaços internos e externos de qualidade.

O equilíbrio da temperatura terrestre é conseguido através da proporção de calor libertado pela terra e a radiação solar recebida. No entanto, estes valores não são sempre constantes, apresentando variações em função das estações do ano.³⁸

Quanto maior for o tempo de exposição solar, maior é a radiação recebida. Similarmente, quanto maiores forem os ângulos de incidência, maior será a recepção de radiação³⁹. Um elevado ângulo de incidência, determina, então, que os raios solares incidam apenas sobre uma pequena área de superfície, intensificando-se, assim, a radiação. Contrariamente, um menor ângulo de incidência provoca uma menor intensidade de radiação, devido à sua dispersão por uma área mais ampla⁴⁰.

A iluminação natural

O Sol é o responsável por toda a luz natural, factor particularmente importante no desempenho eficiente dos edifícios. Esta possibilita a iluminação do ambiente interior, conferindo aos espaços um ambiente luminoso confortável e apropriado à execução de tarefas simples (orientação, deslocação, observação) e de tarefas visuais com exigências mais elevadas⁴¹.

A iluminação natural no interior resulta das condições de luz exterior, pelo que varia em função da nebulosidade, do período do dia e do ano, da forma e orientação do edifício, da disposição dos compartimentos interiores, das dimensões e características dos vãos envidraçados, do grau de obstrução exterior, e ainda, da capacidade de reflexão dos materiais interiores. Considerando esta variabilidade, o projecto arquitectónico deve prever os níveis e a distribuição de

37 *Ibidem*

38 OLGAY, Victor, op. cit. p. ; GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p.

39 CUADRAT, José M^o & PITA, Maria Fernanda - *Climatologia*. 2006, p. 74-77

40 *Ibidem*, p. 78

41 SANTOS, António - *A iluminação natural* in Ambiente em Edifícios Urbanos, 2000, p. 209

iluminação natural no interior dos espaços, de maneira a serem criadas as condições mais favoráveis à existência deste factor. Distinguem-se duas estratégias base no aproveitamento de iluminação natural, nomeadamente: a iluminação natural lateral (localizada nas aberturas dos paramentos verticais da envolvente), que pode ter aberturas apenas numa parede ou em mais do que uma, e a iluminação natural zenital (proveniente de aberturas na cobertura)⁴².

Dependendo dos objectivos a atingir, a forma e a localização dos envidraçados diverge. Para se atingir o máximo de iluminação em todo o compartimento, os vãos devem ser altos, por outro lado, se o objectivo é criar uma iluminação uniforme, os vãos devem desenvolver-se horizontalmente. Para melhorar a distribuição das iluminâncias e diminuir o encadeamento podem ser adoptados no projecto dispositivos de sombreamento exterior e elementos reflectores. Estes últimos protegem o interior da radiação solar directa, redireccionando a luz para o tecto, tornando, assim, a distribuição de luz natural mais uniforme. Outros mecanismos podem ser usados para um maior aproveitamento da radiação solar, permitindo um maior conforto visual e psicológico aos utentes. O poço de luz permite a disponibilização de luz natural em zonas afastadas da envolvente exterior, devendo ser usado como complemento de outros sistemas. Os lumiductos são também mecanismos de aproveitamento de luz natural, captando-a na cobertura e conduzindo-a para áreas que não estão directamente ligadas à envolvente exterior. Para um desempenho mais eficaz, as superfícies interiores dos lumiductos podem ser revestidas por materiais com elevada capacidade reflectora. As aberturas zenitais, assim como as clarabóias, permitem a entrada de luz natural superior para os espaços inferiores, podendo ser abertas para otimizar a ventilação natural⁴³.

A iluminação natural é de extrema importância na concepção arquitectónica, devendo ser um factor privilegiado em qualquer projecto, não só porque ao retardar o uso de iluminação artificial,

42 SANTOS, António - *A iluminação natural* in Ambiente em Edifícios Urbanos, 2000, p. 209

43 SANTOS, António - *A iluminação natural* in Ambiente em Edifícios Urbanos, 2000, pp. 215-225

reduz o consumo e aumenta a eficiência energética, mas também devido ao bem-estar psicológico que possibilita aos seus ocupantes⁴⁴.

A humidade

A evaporação natural da água e a evapotranspiração dos seres vivos origina vapor de água atmosférico, contudo, a capacidade para reter vapor não é distribuída uniformemente ao longo da superfície terrestre, estando mais presente nas zonas de alta temperatura equatoriais⁴⁵. A quantidade de vapor de água na atmosfera pode ser expressa de diversas formas, consoante as aplicações que se pretendem.

A humidade absoluta define-se pelo total de massa de água por unidade de volume de ar, exprimindo-se em gramas por metro cúbico. O ar apresenta uma inter-relação com a temperatura, o que influi na sua capacidade limitada para conter vapor de água, pelo que, quando o limite é alcançado, diz-se que o ar se encontra saturado. Assim, nas regiões mais quentes a quantidade de precipitação é normalmente abundante, verificando-se também a situação oposta, ou seja, nas zonas muito frias do globo, a humidade absoluta é reduzida, pelo que a precipitação é escassa⁴⁶.

A humidade específica corresponde à massa de vapor contida em um quilograma de ar húmido, e expressa-se em gramas por quilo. A humidade relativa indica a relação, em percentagem, entre a quantidade de vapor de água existente na atmosfera e aquela possível de ser contida à mesma temperatura. Humidade relativa e temperatura variam em função inversa, uma vez que à medida que a temperatura aumenta, diminui a humidade relativa.

A pressão de vapor é a parte da pressão atmosférica global causada pela presença de vapor de água, e expressa-se em unidade de pressão⁴⁷. Quando o ar abarca o valor máximo de vapor de água possível diz-se que o ar se encontra saturado e que a humidade

44 SANTOS, António - *A iluminação natural* in Ambiente em Edifícios Urbanos, 2000, p. 229

45 ROMERO, Marta – *Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano*, 2001, p. 16

46 CUADRAT, José M^o & PITA, Maria Fernanda, op. cit. p.83 ; ROMERO, Marta, op. cit. p. 17

47 CUADRAT, José M^o & PITA, Maria Fernanda, op. cit. p.103 ; ROMERO, Marta, op. cit. p. 17

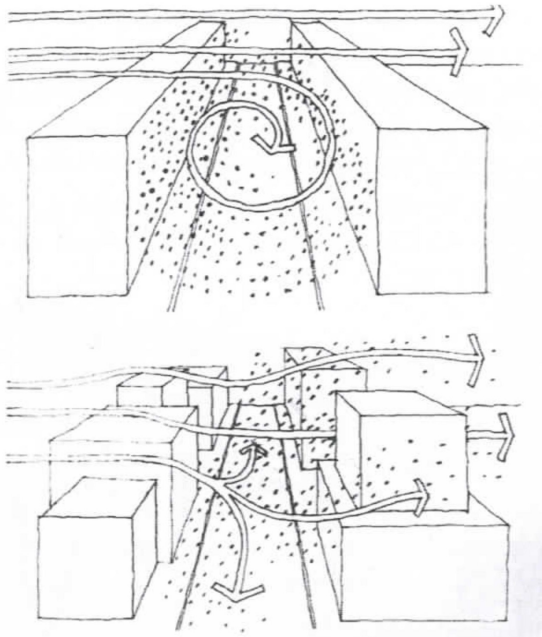


Figura 2.6 - Efeitos do vento no espaço público (SERDOURA, 2007)

relativa é de 100%. A altitude condiciona a pressão de vapor, pelo que à medida que a altura aumenta, a concentração de vapor de água diminui⁴⁸.

Vento

O vento é um fenómeno meteorológico que se manifesta pela deslocação horizontal de ar instigada pela diferença de pressão entre duas regiões. O movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo Oeste-Este é acompanhado pela atmosfera, que realiza simultaneamente esse mesmo movimento. É quando o movimento horizontal do ar difere em velocidade ou direcção daquele realizado pela atmosfera, que se designa por vento. O vento é medido em função de dois parâmetros, direcção e intensidade⁴⁹. O conhecimento destas variantes mostra-se relevante para projectar as aberturas do edifício, de forma a favorecer a ventilação cruzada. Deve também ser prevista a introdução natural deste elemento no edificado durante a estação de arrefecimento e, paralelamente, ser impedida a sua penetração durante a época de aquecimento, para assim ser possível assegurar o conforto térmico⁵⁰.

2.2.4. Implantação

2.2.4.1. Microclima

O clima geral de uma região não é uma condição uniforme, apresentando diversas flutuações - microclimas - de acordo com a presença de barreiras geomorfológicas, água ou vegetação. A inserção em centros urbanos origina, igualmente, microclimas urbanos, influenciados pela presença de poluentes atmosféricos e edifícios de grande porte, que provocam um aumento da temperatura ou turbulência nas camadas de ar⁵¹. Em Portugal podemos observar verdadeiras situações de contraste, como podeis ser exemplo a região norte, nomeadamente entre a zona costeira e a zona transmontana. Ambas se encontram à mesma latitude, no entanto, a presença de uma

48 GIVONI (1976) in ROMERO, Marta, op. cit. p. 16

49 CUADRAT, José M^o & PITA, Maria Fernanda, op. cit. p.245

50 OLGAY, Victor, op. cit. p. 42

51 *Ibidem*, p. 51; *A Green Vitruvius: principios e prácticas para una arquitectura sustentável*, 2001, p. 48,49

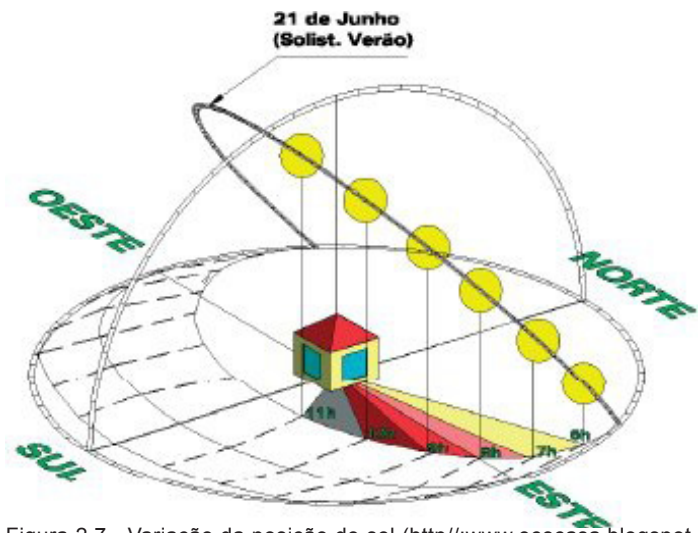


Figura 2.7 - Variação da posição do sol (<http://www.ecocasa.blogspot.pt>)

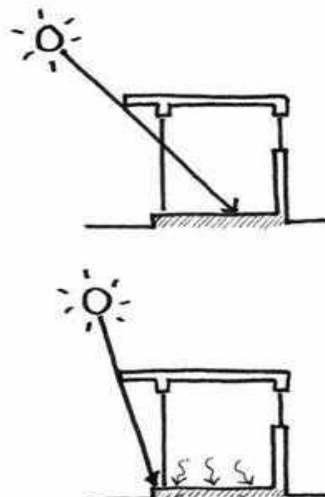


Figura 2.8 - Inverno/Verão (<http://www.ecocasa.blogspot.pt>)

cadeia montanhosa marca uma profunda desigualdade de climas.

2.2.4.2. Orientação e forma

A principal fonte de aquecimento passivo é a energia calorífica proveniente do sol, pelo que é desejável que o projecto de arquitectura preveja a melhor implantação do edifício em termos de orientação, de modo a beneficiar o mais possível deste generoso recurso natural. Para além do sol deve ser considerada outra variável essencial, o vento, visto ter a capacidade de justificar a modificação da orientação em vários graus. A frequência dos ventos, a sua velocidade, bem como as suas características gerais, devem ser considerados de modo a encontrar-se a solução mais proficiente⁵². Assim, é desejável em períodos frios otimizar os ganhos solares e em períodos quentes minimizar o impacto do sol no interior dos edifícios.

Igualmente a forma arquitectónica, ao interferir nos fluxos de ar e na qualidade de luz e calor recebidos, pode ser influente de modo determinante no conforto e desempenho energético do edifício⁵³. Desta maneira, podem condicionar-se as perdas térmicas do edifício, diminuindo-as em função da menor quantidade saliências e reentrâncias, e ainda, em função da menor área de superfície exterior⁵⁴.

Num clima como o de Portugal, a orientação que mais otimiza os ganhos solares ao longo de todo ano é a orientação a sul. Devido aos ângulos de incidência de radiação serem diferentes no Inverno e no Verão, esta orientação permite beneficiar desta dissemelhança. Assim, no Inverno os raios solares apresentam um ângulo baixo, pelo que conseguem penetrar através dos vãos envidraçados, contribuindo para o aquecimento dos espaços. Por outro lado, no Verão, os raios solares encontram-se a uma altura muito mais elevada, o que, combinado com um adequado desenho de sombreamento solar, não permite que estes atravessem os vãos, impedindo o aumento

⁵² *Ibidem*, p. 50; *Ibidem*, p. 60,61

⁵³ LANHAM, Ana; GAMA, Pedro; BRAZ, Renato - *Arquitectura Bioclimática: perspectivas de inovação e futuro*, 2004, p. 20; *A Green Vitruvius: princípios e práticas para uma arquitectura sustentável*, 2001, p.61; MOITA, Francisco, op. cit. p. 39-44

⁵⁴ COSTA, Fernando A.V. – *Aproveitamento passivo de energias e geotermia*, 2008, p. 10

indesejado da temperatura⁵⁵.

As orientações a nascente e poente são mais complicadas de gerir pois não assinalam uma distinção tão evidente entre o Inverno e o Verão. Nestas situações é essencial prover o edifício de sombreamento solar, de forma a proteger o interior da intensidade da radiação, sem prejudicar os benefícios de uma ampla iluminação natural⁵⁶.

Orientar correctamente os espaços em função do percurso solar permite um melhor aproveitamento desta energia renovável e a obtenção de um enorme conforto interior. O conforto não decorre só da condição térmica ou lumínica, pois elas determinam, combinadas, os padrões de conforto psicológico dos utentes.

2.2.4.3. Topografia

A topografia é o resultado de processos geológicos e orgânicos, e influencia determinantemente o projecto de arquitectura.

Em zonas acidentadas geram-se ou acentuam-se diversos microclimas, atribuindo-se a cada pendente uma situação específica, pois a orientação e o ângulo de inclinação vão demarcar a radiação solar recebida⁵⁷.

Nestas zonas o ar frio deposita-se à superfície do solo quando a radiação começa a diminuir, no entanto, devido à presença de elevações adjacentes, o normal fluxo de ar é obstruído, concentrando-se na sua totalidade nas zonas depressivas, originando, assim, situações desconfortáveis de frio intenso e humidade nocturna. Para além disto, a diminuição da temperatura com o aumento da altitude é também um factor propício à modificação do microclima⁵⁸.

Deste modo, na topografia devem ser estudados o declive, a orientação, a exposição solar e a altitude para se atingirem projectos

55 *A Green Vitruvius*, 2001, p. 60,61; COSTA, Fernando A.V. – *Aproveitamento passivo de energias e geotermia*, 2008, p. 12; FATHY, Hassan - *Natural Energy and Vernacular Architecture*, 1986, p. 24

56 *A Green Vitruvius*, 2001, p. 51; TIRONE, Livia Nunes - *Construção sustentável: soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã* 2008, p. 149

57 ROMERO, Marta, op. cit. p. 11

58 OLGAY, Victor, op. cit. p. 45

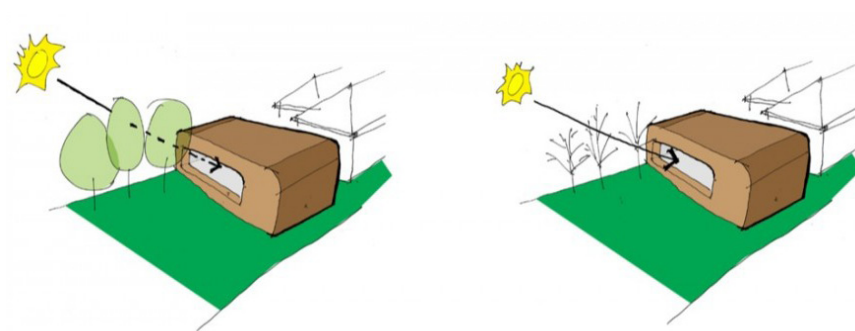


Figura 2.9 - Esquema de vegetação no Verão e Inverno (<http://www.archdaily.com>)

equilibrados, pelo que, pequenas alterações combinadas destes factores podem provocar situações climáticas bastante distintas, mesmo entre localizações situadas a curta distância umas das outras.

2.2.4.4. Vegetação

A vegetação contribui igualmente de forma significativa para a criação de microclimas, na medida em que melhora a qualidade do ar, protege dos ventos no Inverno e do sol no Verão, e tem ainda o papel de orientar e condicionar a ventilação natural, estimulando ou acentuando as situações depressionárias que induzem os fluxos de ar, sejam eles ventos ou correntes moderadas.

A presença de vegetação coopera no arrefecimento do ar através do aumento da humidade proveniente do processo de evapotranspiração⁵⁹. A densidade da copa e o tipo de vegetação deverão ser usados dependendo do objectivo que se pretende alcançar. Normalmente, as plantas de folha caduca são usadas para regular a temperatura no interior do edifício, porquanto promovem o sombreamento no Verão, impedindo a recepção do fluxo de calor, e a transparência no Inverno, enquanto as de folha perene são utilizadas preferencialmente como barreiras aos ventos dominantes⁶⁰.

A qualidade do ar também consegue ser bastante melhorada com a presença de vegetação, pois esta tem a capacidade de absorver as partículas poluentes em suspensão e promover a redução de CO₂, oxigenando a atmosfera, através da fotossíntese.

2.2.4.5. Água

Qualquer superfície de água utiliza a energia de forma totalmente diferente das superfícies continentais, conduzindo a um comportamento térmico também desigual, sobretudo se se tratarem de grandes extensões ou reservas de água, como os oceanos. Durante o dia as massas de água absorvem grande quantidade de

59 DIMOUNDI & NIKOLOPOULOU (2003) in SHINZATO, Paula - *O impacto da vegetação nos microclimas urbanos*, 2009, p. 91; MOITA, Francisco, op. cit. p. 45,46

60 LANHAM, Ana; GAMA, Pedro; BRAZ, Renato - *Arquitectura Bioclimática: perspectivas de inovação e futuro*, 2004, p. 16

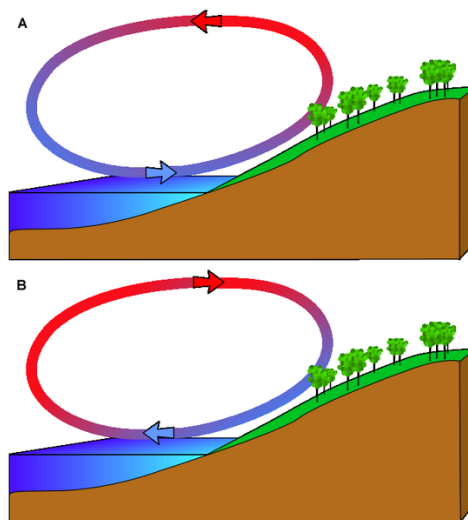


Figura 2.10 - Esquema de formação de brisa marítima (<http://commons.wikimedia.org>)

Superfície	Albedo %	Superfície	Albedo %
Solo negro e seco	14	Relva	15 a 30
Solo negro e húmido	8	Neve recém caída	80
Solo nu	7 a 20	Neve caída há dias ou semanas	50 a 70
Areia	15 a 25	Gelo	50 a 70
Floresta	3 a 10	Água, altitude solar >40°	2 a 4
Campos naturais	3 a 15	Água, altitude solar entre 5 e 30°	6 a 40
Campos de cultivo seco	20 a 25	Cidades	14 a 18

Tabela 2.1 - Albedo de algumas superfícies segundo Ayoadé (1998), (PESSOA, 2009)

radiação, devido ao seu reduzido albedo⁶¹, no entanto, esta não se traduz numa significativa elevação da temperatura. A distribuição de calor sobre uma grande área, e a sua posterior utilização para realizar o processo de evaporação, são as principais causas desta situação⁶².

Na superfície continental ocorre exactamente o oposto, ou seja, a radiação absorvida é menor (o albedo é maior), pelo que a elevação da temperatura apresenta-se mais considerável. Como resultado, observam-se temperaturas mais baixas nas massas de água do que no continente, apesar de terem absorvido profusa energia calorífica⁶³.

Assim, os acumuladores ou reservas de água exercem um papel regulador térmico, atenuando os valores extremos de temperatura e diminuindo a amplitude térmica. Apresentam ainda uma grande inércia térmica, pois os picos máximos e mínimos de temperatura evidenciam um retardamento em relação às máximas e mínimas continentais⁶⁴, produzindo desta forma climas mais amenos.

2.2.4.6. Centros Urbanos

A cidade apresenta uma temperatura mais elevada do que as áreas periféricas. Este fenómeno é conhecido com Ilha de Calor – IC – e desenvolve-se sobretudo durante a noite e em condições específicas, principalmente em situações de vento fraco e céu limpo⁶⁵. As causas principais da formação da IC são devidas sobretudo aos seguintes factores:

- Um acréscimo da absorção da radiação solar consequente da maior área de absorção e da elevada reflexão entre os prédios e os materiais adjacentes;

61 Albedo é a medida da quantidade de radiação solar reflectida por um corpo ou uma superfície, sendo calculado através da equação entre a quantidade de radiação reflectida e a quantidade de radiação recebida. Geograficamente, o albedo representa a relação entre a quantidade de luz reflectida pela superfície terrestre e a quantidade de luz recebida pelo sol. Esta correspondência varia bastante dependendo do tipo de materiais existentes à superfície; a título de exemplo se for em regiões com neve, o albedo ultrapassa os 80%, porquanto se for na terra não ultrapassa os 10%. A média o albedo da Terra é cerca de 37%, podendo divergir em função da inclinação dos raios solares, ou seja, quanto maior a inclinação, maior o albedo.

SILVA, Lucas [et al] - *Análise do albedo e do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) em uma bacia hidrográfica*, [199-?]

62 CUADRAT, José M^o & PITA, Maria Fernanda, op. cit. p.76

63 *Ibidem*

64 *Ibidem*

65 PEREIRA, Paulo & MORAIS, Liliane - *Clima Urbano e evolução da temperatura estival em Lisboa no séc. XX*, 2007, p. 110-112

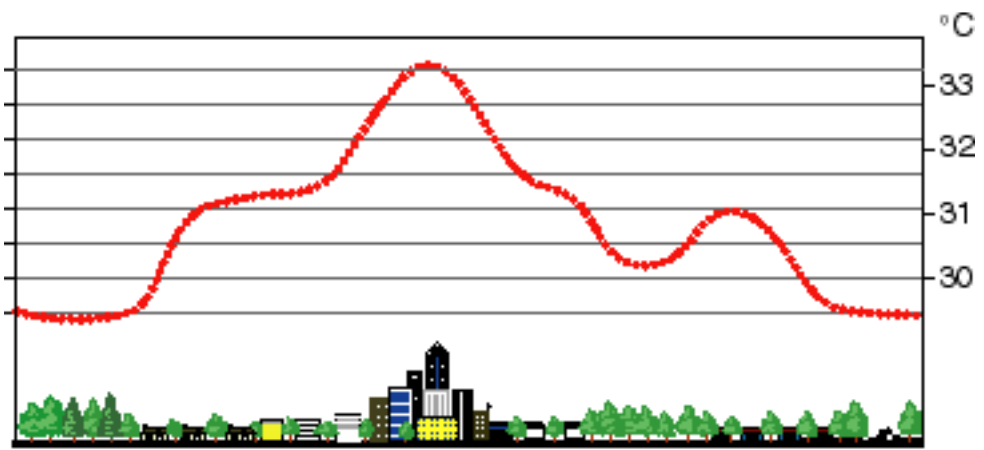


Figura 2.11 - Esquema de ilha de calor (<http://www.ibram.df.gov.br>)

- A poluição gerada pelos veículos e maquinaria, resultante da presença de actividades muito diversas;

- A emissão de calor gerada pelos edifícios, o tráfego e o metabolismo dos organismos vivos;

- Acumulações de calor geradas pela impermeabilização dos solos resultante da pavimentação, e pelo uso de materiais de construção com características térmicas próprias, reflectindo-se num acréscimo de calor⁶⁶

Distinguem-se três tipos de IC, nomeadamente a de superfície – *surface heat island* – de atmosfera interior – *canopy layer heat island* – e a superior – *boundary layer heat island*⁶⁷.

A Ilha de Calor pode ter impactos directos ou indirectos na saúde e no conforto térmico humano, dividindo-se em positivos e negativos consoante a estação do ano e a localização da cidade em latitude. Durante o Inverno pode influenciar positivamente na redução do consumo de energia, enquanto durante o Verão contribui para o incremento do *stress* térmico, especialmente em episódios de vagas de calor, podendo motivar a um aumento expressivo da mortalidade⁶⁸.

Como consequência, nos centros urbanos verificam-se verdadeiras situações de microclimas, exibindo uma sensível diminuição da amplitude térmica diária – ATD⁶⁹.

2.3. Desenho passivo

O aproveitamento passivo de recursos naturais tem estado sempre presente no comportamento dos seres humanos e dos animais. A arquitectura popular e as suas técnicas transmitiram-se de geração em geração, aperfeiçoando-se e evoluindo para aquilo

⁶⁶ *Ibidem*;

⁶⁷ VIDE, Moreno (2002); SOLECKI [et al] (2002); VOGT (2003); OKE (2003); MCCLATCHEY (2005); JIN [et al] (2005) in PEREIRA, Paulo & MORAIS, Liliane - *Clima Urbano e evolução da temperatura estival em Lisboa no séc. XX*, 2007, p. 110

⁶⁸ LANDSBERG (1973); TAHA (1997); FUKUOKA (1997) in PEREIRA, Paulo & MORAIS, Liliane, op. cit. p.110

⁶⁹ PEREIRA, Paulo & MORAIS, Liliane, op. cit. p. 111

que hoje conhecemos como arquitectura bioclimática. Tanto a mais elementar como a mais evoluída destas arquitecturas, assenta em três pilares principais, que são, nomeadamente: a captação de energia, a sua acumulação e a posterior distribuição⁷⁰. Se um destes parâmetros falha, a estrutura bioclimática fica comprometida, pois a captação de radiação sem a capacidade de armazenamento não permite aproveitar a energia para aquecimento⁷¹. A energia é captada por determinadas zonas no edifício, pelo que posteriormente é preciso transmiti-la aos restantes espaços. Se esta capacidade de distribuição não for prevista teremos locais climatizados e outros não climatizados e desconfortáveis⁷².

A radiação libertada pelo sol que atinge a Terra pode ser aproveitada nos edifícios de forma a garantir o aquecimento passivo dos mesmos, aumentando o conforto térmico interior, e diminuindo assim os consumos energéticos.

Os sistemas passivos são normalmente aqueles que fazem parte integrante do edifício, e por conseguinte o edifício transforma-se num sistema de captação, controlo, regulação, acumulação e distribuição de energia, necessária ao conforto interior dos seus ocupantes em todos os seus compartimentos, sem acrescentar custos acrescidos na construção⁷³.

Os sistemas passivos de aquecimento dividem-se em ganho directo, no qual a captação e utilização da energia acontecem no mesmo espaço, indirecto, quando a captação e utilização de energia ocorrem em espaços distintos mas relacionados e fisicamente contíguos, através duma massa de armazenamento térmico, e ainda isolado, em que a captação e utilização de energia ocorre em espaços diferentes, termicamente isolados um do outro. Contrariamente ao ganho indirecto, não estão em ligação directa e podem estar ou não em espaços adjacentes⁷⁴.

70 GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco - *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*, 2004, p. 261

71 *Ibidem*

72 *Ibidem*

73 *Ibidem*

74 MALDONADO, Eduardo – *Sistemas solares passivos*, 1985

O funcionamento do arrefecimento passivo divide-se em categorias relativamente semelhantes, designadamente, o arrefecimento directo, que se baseia sobretudo em impedir a radiação solar de entrar no edifício e em proporcionar condições de ventilação adequadas; indirecto, conseguido através da radiação nocturna; e isolado, obtido por ventilação através de zonas separadas⁷⁵.

Um sistema solar passivo para aquecimento ou arrefecimento pode ser definido como aquele em que as trocas de energia térmica se realizam por meios naturais⁷⁶. Portanto, a sua implementação mostra-se imprescindível, com a incorporação regular destas tecnologias para atingir uma maior eficiência energética e menores índices de consumo energético. Estes sistemas podem ser usados separadamente ou combinados, resultando numa conjugação das suas vantagens, e suprimindo algumas das suas desvantagens específicas⁷⁷.

A aplicação de um desenho passivo permite diminuir o consumo de energia para aquecimento em cerca de 50%, quando comparado com um sistema convencional, o que se reflecte directamente num menor impacto ambiental⁷⁸. Para além disto, reduz a dependência do abastecimento de energia convencional, conferindo maior flexibilidade aos habitantes ao possibilitar a aplicação de sistemas energéticos alternativos no futuro. O conhecimento das estratégias de desenho passivo possibilita aos arquitectos uma constante inovação, adaptação e modificação do projecto, de forma a encontrar a solução mais adequada ao contexto. As estratégias bioclimáticas devem ser compreendidas não só, como ferramentas para a exploração de um desenho arquitectónico consciente e racional, mas também para expressar uma arquitectura que se baseia nas características do lugar e da região em que se enquadra⁷⁹.

Seguidamente apresenta-se, em maior detalhe, cada um destes

75 MENDONÇA, Paulo Jorge - *Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados*, 2005, cap. V, p. 7

76 PAUL, J. K. (1979) in MENDONÇA, Paulo Jorge - *Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados*, 2005, cap. V, p. 7

77 MENDONÇA, Paulo Jorge, op. cit.

78 Architectural Association, 1994 – *Solar Energy and Housing Design*, p.22

79 *Ibidem*

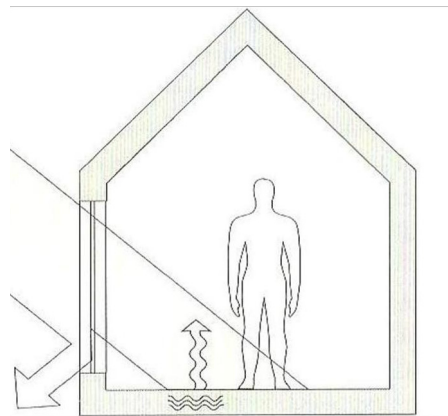


Figura 2.12 - Ganho directo
(Architectural Association, 1994)



Figura 2.13 - Ganho directo, edificio LOTT Clean Water Alliance
Regional Services Center, Washington, USA (www.archdaily.com)

processos, bem como as suas considerações mais relevantes:

2.3.1. Aquecimento passivo

2.3.1.1. Ganho directo

A tipologia mais habitual e simples é a de ganho solar directo, e por isso é também a mais utilizada. Porém, na maioria das vezes, de forma não controlada ou intencional⁸⁰. Este sistema baseia-se numa correcta orientação solar das superfícies envidraçadas, e no armazenamento de calor nos paramentos interiores, nomeadamente, nas paredes, lajes de tecto e de piso⁸¹. A distribuição do calor armazenado efectua-se por radiação (em comprimento de onda infravermelha) e convecção natural, regulada sobretudo pela posição da massa térmica relativamente aos espaços habitáveis⁸². Assim, as massas térmicas da construção funcionam como acumuladores de calor durante o dia, libertando-o durante o período nocturno, atenuando, desta forma, a amplitude térmica⁸³.

As dimensões e a localização dos envidraçados são as considerações mais importantes nos sistemas de ganho directo. Para o seu funcionamento eficiente é necessário assegurar uma correcta orientação das aberturas, preferencialmente a sul, para evitar que as perdas superem os ganhos no Inverno; manter uma proporção adequada entre a área envidraçada e a capacidade de armazenamento térmico; empregar sombreamento solar para evitar o sobreaquecimento no Verão; e ainda reduzir as perdas caloríficas através da aplicação de um eficaz isolamento térmico⁸⁴.

As diferenças de temperatura exteriores geram um fluxo de calor que é acompanhado de variação da temperatura interior. É fundamental que as oscilações de temperatura sejam as mais reduzidas possíveis sem, no entanto, comprometer a maximização dos ganhos solares no

⁸⁰ *Ibidem*

⁸¹ GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 263; MENDOÇA, Paulo, op. cit. p.8

⁸² SILVA, Elisa - *Luz e Calor: experiências simples para compreender a física do dia-a-dia*, 1999, p. 28; MITJA (1986) in MENDONÇA, Paulo, op. cit. p.8; MOITA, Francisco, op.cit. p. 80

⁸³ MENDONÇA, Paulo, op. cit. p.9

⁸⁴ COSTA, José A. R. - *A evolução da Arquitectura Bioclimática: contributo para a sustentabilidade arquitectónica e urbana*, 2008, p. 90; MENDONÇA, Paulo, op. cit. p. 9

Inverno, e a minimização dos ganhos no Verão⁸⁵

Entre as diversas vantagens deste sistema destaca-se o seu enorme rendimento energético, pois é a forma mais imediata de receber calor num edifício. Para além disto, é também de mencionar o facto de ser uma das técnicas mais baratas, visto que os materiais e estruturas construtivas não necessitam de ser alterados. A transparência do vidro permite a iluminação do interior e a vista para o exterior, o que por um lado baixa o consumo energético com iluminação artificial, e por outro, beneficia psicologicamente os seus habitantes. Torna-se necessário ter alguma atenção com as questões do sombreamento, dimensionamento dos vãos envidraçados, orientação e massa térmica. De modo geral, é uma técnica bastante flexível em termos arquitectónicos, simples e prática de aplicar⁸⁶.

Apesar de todas as vantagens, este sistema também pode apresentar alguns inconvenientes, sobretudo se não for bem planeado.

A radiação directa pode provocar excessiva concentração de radiação solar em algumas horas do dia, o que causa desconforto e um ambiente térmico instável. Quando os envidraçados são muito grandes podem provocar desconforto visual e, dependendo da localização, falta de privacidade.

Para funcionar com maior eficiência, os vãos deveriam estar expostos a sul, o que nem sempre é possível ou viável. A massa de armazenamento térmico do edifício também deve ser estudada, pois se não estiver adequada pode provocar sobreaquecimento, e o conseqüente desconforto térmico⁸⁷.

Quando os vãos envidraçados têm uma orientação diferente de sul apresenta-se mais vantajosa a aplicação de vidros múltiplos, para assim se evitarem perdas térmicas mais elevadas. No caso de ser um

85 *Ibidem*

86 FATHY, Hassan, op. cit. p. 42-45 ; MOITA, Francisco - Energia Solar Passiva, 1987, p. 84; GONZALEZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 278; MENDONÇA, Paulo, op. cit. p. 9; COSTA, José A. R., op. cit. p. 90

87 *Ibidem*

vão primordialmente captador, deve ser feito um balanço térmico do edifício para avaliar a situação mais vantajosa, visto que apesar dos vidros simples apresentarem grandes perdas térmicas, também têm uma máxima captação solar⁸⁸.

Uma peculiaridade do ganho directo é a captação através do telhado, seja mediante o uso de clarabóias seja por lanternins inclinados ou átrios envidraçados⁸⁹. Quando se usam estes dispositivos num clima como o de Portugal têm de ser previstos, simultaneamente, os mecanismos de protecção, para que a radiação solar, no Verão, não se torne um factor de desconforto insuportável.

2.3.1.2. Ganho indirecto

Nos sistemas de ganho indirecto a massa térmica é interposta entre a superfície de ganho e o espaço a aquecer. A radiação absorvida pela massa térmica transforma-se em energia calorífica, sendo transferida, posteriormente, para o interior do edifício. Esta transferência pode ser imediata ou desfasada, conforme a estratégia de circulação de ar adoptada⁹⁰. Como a radiação solar não incide directamente, existe uma maior possibilidade de controlo das flutuações de temperatura, evitando, assim, os sobreaquecimentos⁹¹.

Os elementos horizontais recebem maior número de horas de sol, contudo, são os verticais que recebem a radiação com um ângulo de incidência mais próximo do perpendicular. Uma fachada virada a sul em situação de Inverno recebe igual número de horas de insolação do que a cobertura, revelando-se desta forma, a situação mais vantajosa⁹².

Como o calor passa, naturalmente, dos corpos mais quentes para os mais frios, haverá uma transferência de energia térmica ao estabelecer-se um gradiente de temperatura⁹³. A temperatura actua

88 COSTA, José A. R. op. cit. p. 89; MENDONÇA, Paulo, op. cit. p. 11

89 GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 263

90 GONÇALVES, Hélder & GRAÇA, João Maria - Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, 2004, p. 35; MOITA, Francisco, op.cit. p. 86,87;

91 GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 266-268

92 *Ibidem*, p. 267

93 SILVA, Elisa - *Luz e Calor: experiências simples para compreender a física do dia-a-dia*, 1999, p. 76

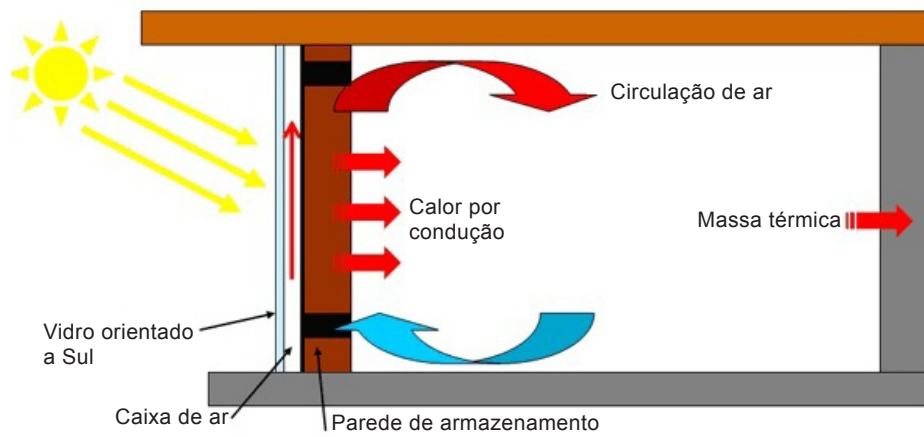


Figura 2.14 - Esquema de funcionamento da parede de trombe (<http://www.dwls.org/Sustainable-Design-Examples>)



Figura 2.15 - Detalhe da parede de trombe, Casa Schäfer, Porto Santo (Gonçalves, et al, 1997)

como causa do fluxo de calor, explicando o fenómeno de condução de calor para o interior dos edifícios. Assim, a libertação de energia é efectuada de forma lenta, durando várias horas.

Os três principais sistemas de ganho indirecto são: as paredes acumuladoras ou paredes de Trombe, as paredes e as coberturas de água e os pavimentos de armazenamento térmico⁹⁴.

Paredes de Trombe

O sistema é composto por uma parede de elevada massa térmica, no interior, e por um envidraçado, que deve ser orientado para a maior incidência dos raios solares, no exterior, como se pode observar na figura 2.15. A superfície envidraçada deve ser pintada de cor escura, de forma a aumentar a capacidade de absorção dos raios solares e diminuir as perdas por reflexão. A radiação, ao atravessar o vidro, incide sobre a parede, aquecendo-a, transferindo posteriormente o calor, por convecção, à pequena câmara, situada após o vidro. Se esta câmara se mantivesse encerrada, o ar aqueceria excessivamente e a sua energia térmica perdia-se gradualmente para o exterior através do envidraçado. De forma a evitar este inconveniente, a parede possui dois conjuntos de orifícios, uns localizados na parte superior da mesma, e outros na fracção inferior. Assim, o ar aquece, ascende por convecção natural e transpõe a parede através das pequenas aberturas superiores, alcançando o interior do edifício. Por conseguinte, o ar frio da habitação, que se encontra estratificado a nível do solo, passa pelos orifícios inferiores da parede, atingindo o pequeno vazio da câmara. Consequentemente, obtém-se uma circulação de ar frio da habitação até à parede, e outra de ar quente, da parede para a habitação⁹⁵.

A parede de trombe frui de uma acção retardada, conseguindo cobrir as necessidades de energia, mesmo depois da radiação solar deixar de incidir sobre esta. Revela-se importante o correcto

94 SERRA & COCH (1995) in COSTA, José A. R. - *A evolução da Arquitectura Bioclimática: contributo para a sustentabilidade arquitectónica e urbana*, 2005, p. 94

95 GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 268; GONÇALVES, Hélder & GRAÇA, João M. - *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*, 2004, p. 36; *A Green Vitruvius: princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*, 2001, p. 97

dimensionamento da espessura da parede de modo a suprir as solicitações de armazenamento. A energia armazenada na parede é empregue de duas formas distintas: primeiro, enquanto esta recebe radiação solar mantém-se a uma temperatura mais quente do que o ar vindo do interior do edifício, e por isso, continuará a aquecer os espaços, permitindo a saída de calor pelos orifícios superiores; segundo, quando a câmara tiver armazenado energia suficiente, esta acaba por atravessar a parede, aquecendo os espaços por convecção e radiação⁹⁶. Para otimizar o funcionamento deste sistema, a segunda função só deve iniciar-se quando a primeira tiver cessado a sua máxima intensidade, ou seja, quando a radiação solar tiver findado. Para isto acontecer a parede deve estar correctamente dimensionada, de forma a coincidir no tempo o momento em que os raios solares deixam de incidir sobre a parede com o momento em que a energia calorífica perpassa a parede. Assim, o número de horas necessárias para a energia trespassar a parede deve ser igual ao número de horas de insolação a que a parede está exposta⁹⁷.

Parede de água

Neste tipo de parede a água é o elemento de armazenamento térmico. o calor gerado pela incidência de radiação será transmitido por radiação e convecção para o espaço que se pretende aquecer. Para esse fim deverão ser usados recipientes estanques de cor escura para conter a água, de forma a absorver o máximo de radiação solar. A sua capacidade de armazenamento é dez vezes superior às paredes de alvenaria de tijolo furado, e cinco vezes superior à de betão, devido às características peculiares da água⁹⁸, nomeadamente a sua elevada condutibilidade térmica e calor específico. Por estas razões existe uma diferença essencial entre o funcionamento de uma parede de trombe e de uma parede de água, designadamente o processo de libertação de calor no tempo⁹⁹. A parede de trombe possui como particularidade um grande desfasamento temporal entre

96 GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 269

97 *Ibidem*, p. 270

98 MALDONADO, Eduardo - Sistemas Solares Passivos, 1985; MENDONÇA, Paulo, op. cit. cap. V, p. 16

99 *Ibidem*

a absorção de energia e sua cedência aos espaços interiores. Por outro lado, na parede de água não isolada, a transmissão de calor é realizada muito rapidamente, exigindo um controlo suplementar na distribuição do mesmo.

Esta técnica passiva possui a desvantagem de um possível derrame de água, e ainda o ruído produzido pela água, ao dilatar sobre as paredes dos reservatórios¹⁰⁰.

Coberturas de água

Este sistema consiste em colocar sobre a laje da cobertura uma massa de água exposta à radiação solar, destinada a absorver e armazenar calor. De forma a evitar a evaporação, a água encontra-se contida em reservatórios plásticos transparentes, sendo também utilizada em sistemas de cobertura com vidro duplo ou simples, para assim reduzir as perdas por convecção¹⁰¹.

Durante o período de aquecimento, a energia absorvida pela própria água e pelo fundo do reservatório, que normalmente é de cor escura, é transferida para a laje de cobertura por condução, e desta para o espaço a aquecer, por convecção e radiação. Nos períodos sem insolação, os reservatórios são cobertos com uma camada isolante reflectora, de modo a minimizar as perdas para a atmosfera, e a assim se permitir que o calor continue a ser conduzido para o interior do edifício¹⁰².

Durante a estação de arrefecimento a situação é oposta, ou seja, devem ser evitados os ganhos de calor durante o período de insolação, de forma a não tornar o espaço interior sobreaquecido, e ser permitido o arrefecimento durante a noite. Assim, durante o período diurno, o isolante e película reflectora são colocados sobre a água, evitando o seu sobreaquecimento. Simultaneamente, a água absorve energia do interior da habitação, sendo transferido calor dos espaços internos para a laje através dos processos de convecção

100 *Ibidem*

101 MALDONADO, Eduardo, op.cit.

102 MALDONADO, Eduardo - Sistemas Solares Passivos, 1985; MENDONÇA, Paulo, op. cit. cap. V, p. 17

e radiação, e desta para a água por condução. Durante a noite são retirados os revestimentos protectores, permitindo-se o arrefecimento da água, que transfere calor para a atmosfera por meio dos processos de convecção e radiação¹⁰³.

Esta tipologia permite o aquecimento no Inverno e o arrefecimento no Verão, sendo independente da orientação do edifício. Para além disso, tem a vantagem de permitir a climatização de todas as áreas do mesmo. Por outro lado, apresenta o inconveniente de apenas climatizar o piso adjacente à cobertura, e de necessitar de um pé direito baixo para o calor atingir a totalidade do espaço. Requer ainda estruturas adequadas ao suporte da massa de água, representando um custo adicional à obra¹⁰⁴.

Sistema pelo pavimento

Os pavimentos de armazenamento térmico correspondem a um sistema composto por um depósito de pedras, água ou outro acumulador de calor, localizado debaixo do pavimento do compartimento a climatizar. Na face exterior do reservatório, e preferencialmente a Sul, é aplicado um sistema de captação solar com um vidro, provocando-se assim o efeito de estufa. A energia solar passa desde a superfície de captação até ao interior do depósito por convecção natural do ar ou da água. A energia é transmitida aos espaços interiores a partir do solo, por condução e radiação, produzindo um retardamento e atenuação das flutuações de temperatura¹⁰⁵.

Os sistemas de ganho indirecto são, no geral, mais flexíveis do que os de ganho directo. Mais concretamente, permitem o aquecimento tanto durante o dia, por convecção de ar quente, como durante a noite, por radiação da energia armazenada na massa térmica. As oscilações de temperatura são igualmente menores quando comparadas com o sistema primeiramente analisado, visto que se controla com maior acuidade o calor cedido ao ambiente

103 *Ibidem*

104 *Ibidem*

105 SERRA & COCH (1995) in MENDONÇA, Eduardo, op.cit, cap V, p. 18; *A Green Vitruvius: principios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*, 2001, p. 111

interior. Para além destas vantagens, apresentam uma dupla função, ou seja, aquecem no Inverno e arrefecem no Verão. Também, por não haver radiação a incidir directamente no interior, permitem uma maior conservação dos espaços que são beneficiados pelo sistema.

Como principais inconvenientes de uma parede de armazenamento térmico revelam-se a necessidade de orientação a sul, o espaço ocupado por esta e o seu peso, o que gera um encarecimento da construção. Esta tipologia retiram ainda algum espaço habitável e impede uma vista mais ampla para o exterior, conduzindo, muitas vezes, à abertura de envidraçados maiores em orientações que nem sempre são as mais favoráveis. Apontam-se ainda as elevadas perdas nocturnas para o exterior, e o difícil manuseamento do isolamento que algumas aplicações requerem¹⁰⁶. Relativamente à cobertura de água a laje terá de ser sobredimensionada para suportar o peso da água, provocando um aumento do custo total de obra.

2.3.1.3. Ganho isolado

No sistema de ganho isolado o espaço (estufa) ou elemento (sistema de termossifão) de captação de energia encontra-se termicamente isolado da zona habitável do edifício, podendo ou não estar em espaços contíguos. São igualmente consideradas as tecnologias energeticamente eficientes, como elementos de ganho por acumulador isolado.

Estufas

Para a boa concepção de uma estufa é necessário ter em atenção a orientação solar, sendo preferível a orientação a Sul, evitando as direcções Este e Oeste, por serem as mais inadequadas. O tipo de estrutura empregue também se revela pertinente, no sentido em que o tipo de caixilho vai influenciar o factor de obstrução e os custos económicos. O tipo de material transparente empregue é igualmente bastante importante, pois dele depende a quantidade de energia transmitida e retida. Os principais materiais empregues

106 MENDONÇA, Eduardo, op.cit, cap V, p. 18

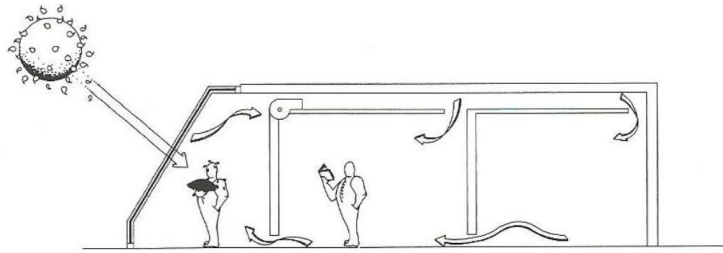


Figura 2.16 - Esquema de funcionamento de estufa (GONZALEZ, 2004)



Figura 2.17 - Exemplo de estufa, Willow Park, Lancashire, UK (Architectural Association, 1994)

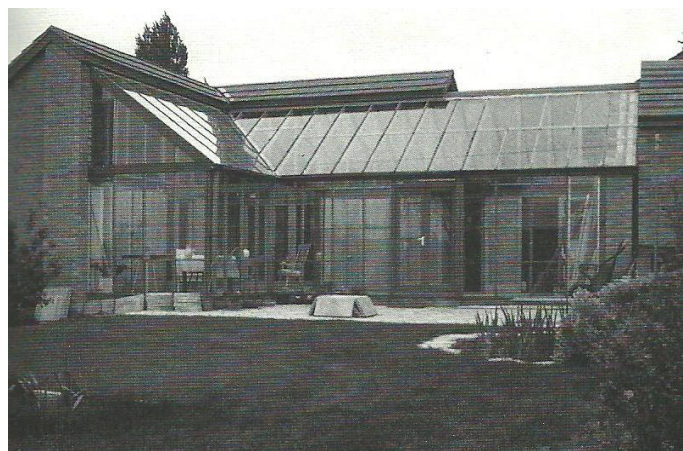


Figura 2.18 - Exemplo de estufa, Paxton Court, Sheffield, UK (Architectural Association, 1994)

são o vidro e o plástico. Relativamente ao vidro patenteia um bom comportamento face à radiação solar, e uma grande durabilidade, contudo, por outro lado, apresenta pouca resistência ao impacto (resistência mecânica) e elevado peso, exigindo, conseqüentemente, uma caixilharia igualmente pesada para conseguir suportar a sua carga, reflectindo-se em custos mais elevados. Comparativamente, o plástico apresenta baixo peso, maior resistência mecânica, boa estanquidade ao ar e à chuva e um valor económico baixo. No entanto, a transparência é menor que a do vidro, assim como a durabilidade, o índice de isolamento sonoro é baixo, e a resistência à intrusão é reduzida¹⁰⁷.

Relativamente às estruturas de suporte dos envidraçados podem empregar-se vários materiais, tais como: madeira, metal (ferro, aço inox ou alumínio), plásticos (PVC), betão ou tijolo.

Apesar de apresentar menor eficiência, a madeira é o material mais empregue. Apesar de económica, a sua durabilidade é reduzida, sobretudo se não for tratada ou não tiver manutenção periódica. Para além disto, a estanquidade revela-se deficitária, devido às constantes dilatações que sofre, assim como provoca um elevado factor de obstrução, causado pela grande espessura da secção dos perfis. Contudo, é um material renovável de baixa condutibilidade térmica, pelo que a nível ambiental apresenta grandes vantagens¹⁰⁸.

Por outro lado, os materiais metálicos apresentam-se como alternativas favoráveis à madeira, pois com pequenas secções alcançam a mesma resistência que o anterior, contribuindo para a diminuição do factor de sombreamento do envidraçado. A estanquidade também se revela, geralmente, superior, no entanto, o impacto ambiental que origina é elevado¹⁰⁹. Assim, é necessário estudar para cada caso a solução mais adequada, de forma a encontrarmos a solução mais optimizada possível para determinado contexto.

107 GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 275; MENDONÇA, Paulo, op. cit. cap. V, p. 20; COSTA, José A. R. op. cit. p. 100

108 MENDONÇA, Paulo, op. cit. cap. V, p. 22

109 COLÁS (1987) in MENDONÇA, Paulo, op. cit. cap. V, p. 22

A grande superfície de captação solar gera temperaturas elevadas durante o dia, baixando drasticamente durante a noite, motivado pelo elevado índice de condutância térmica dos envidraçados, o que produz grandes amplitudes térmicas. Assim, as estufas não podem ser destinadas a espaços habitáveis, pois o nível de desconforto interno seria bastante alto. Para serem criadas circunstâncias mínimas de habitabilidade dentro de uma estufa adossada deverá aplicar-se suficiente massa térmica, provocando, assim, um amortecimento das oscilações de temperatura¹¹⁰.

As estufas actuam como espaço tampão, reduzindo assim as perdas de calor do edifício. Apesar da amplitude térmica ser muito grande nas estufas sem massa térmica, nos espaços habitáveis adjacentes é muito reduzida, mostrando-se como um benefício na manutenção do conforto térmico interno. Esta tipologia é flexível, podendo ser aplicada tanto em edifícios novos como nos existentes, no entanto, o processo da sua integração nestes últimos afigura-se frequentemente complexo e dispendioso. A construção de estufas com elevada eficácia térmica apresenta custos elevados, e o seu comportamento térmico é sempre imprevisível, variando substancialmente com a qualidade do desenho¹¹¹.

Colectores de ar

Este sistema localiza-se em espaços independentes da habitação, e é constituído por um circuito aberto onde o ar se move por convecção natural mediante às diferenças de massa volúmica motivadas por alterações de temperatura ao longo do circuito¹¹².

Este sistema permite aquecer o ar exterior, que será posteriormente transmitido para o interior durante a época fria. Paralelamente possibilita a extracção de ar quente do interior dos espaços para o exterior, promovendo a ventilação e arrefecimento do ar.

110 MITJÁ (1986) in MENDONÇA, Paulo, op. cit. cap. V, p. 23; *A Green Vitruvius: princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*, 2001, p. 74

111 *Ibidem*

112 MALDONADO, Eduardo, op. cit.

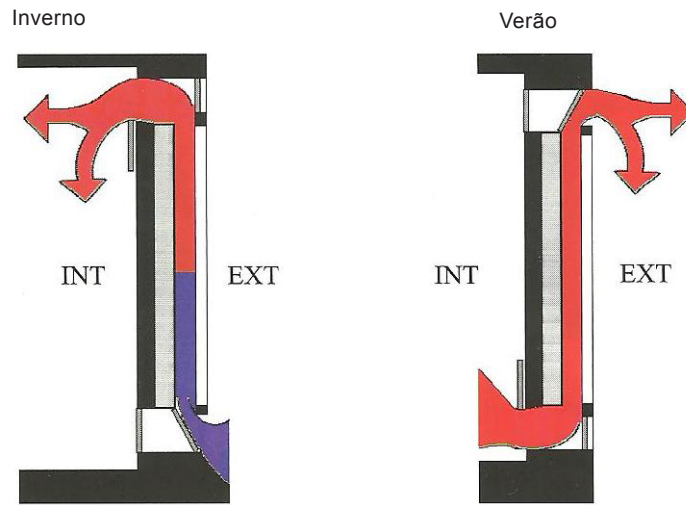


Figura 2.19 - Sistema colector de ar (Gonçalves, et al, 1997)



Figura 2.20 - Janela eco-eficiente (<http://www.construcaomagazine.pt/scid/webCM/defaultArticleViewOne.asp?articleID=182&categoryID=780>)

Os colectores de ar, geralmente colocados verticalmente, são compostos por uma superfície de vidro e por uma outra com capacidade de absorção, sem características de armazenamento térmico. O sistema funciona, assim, por termossifão, permitindo ventilar os espaços contíguos ao longo do ano.

No Inverno, o ar aquecido pelo envidraçado é insuflado para o espaço interior por ventilação natural, permitindo, assim, o aquecimento dos espaços. Por outro lado, no Verão, é feita a extracção do calor interior para o ambiente exterior. Desta forma, o ar aquecido pelo envidraçado estimula a sua ascensão, e à medida que é libertado pela abertura superior, provoca a consecutiva extracção do ar quente interior¹¹³.

Tecnologias Energeticamente Eficientes

Um dos exemplos de tecnologias energeticamente eficientes é a Janela Eco-Eficiente, desenvolvida pelo arquitecto Miguel Veríssimo, com a colaboração da Universidade do Minho.

A ideia tem por base a interpretação dos vãos exteriores como elementos essenciais nas transferências térmicas, de luz, ventilação e acústica que sucedem entre o interior e o exterior da habitação. Esta tecnologia pode ser produzida em série, apresentando particularidades apropriadas a construções realizadas de raiz ou a reabilitar, revelando-se como uma mais-valia na diminuição dos consumos energéticos¹¹⁴.

Em termos gerais, é seguidamente exposto os dois sistemas complementares que compõem este mecanismo.

- O vão, composto por caixilharia de alumínio com corte térmico, vidro transparente, sombreamento interior côncavo (reflector da luz natural para o interior), e sombreamento exterior, detentor de características isolantes;

113 MALDONADO, Eduardo, op. cit; GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 304; COSTA, José A. R. op. cit. p. 101

114 CARDOSO, César - *Desenvolvimento da janela eco eficiente*, 2008

- O sistema termodinâmico, localizado verticalmente, no sentido da ombreira do vão, constituído por uma estufa semicilíndrica em acrílico transparente, uma portada automatizada em cortiça com um espelho de captação em alumínio polido, um acumulador térmico, e ainda um sistema activo de aquecimento, garantindo o funcionamento adequado da tecnologia em dias de fraca insolação¹¹⁵.

Através do uso de materiais recicláveis, esta célula melhora a prestação funcional dos vãos exteriores, a eficiência energética e o desempenho ambiental dos sistemas construtivos.

2.3.2. Arrefecimento passivo

Os sistemas de arrefecimento passivo permitem criar situações de conforto térmico interior durante o Verão, sem recorrer a sistemas mecânicos convencionais. No entanto, a refrigeração nos períodos quentes é mais difícil de produzir do que o aquecimento nos períodos frios, pois não existe nenhuma fonte natural de arrefecimento idêntica à energia solar¹¹⁶. De qualquer forma, num clima ameno como o de Portugal é possível produzir situações de conforto, desde que os edifícios estejam correctamente concebidos, sem apelar a sistemas mecânicos de arrefecimento¹¹⁷.

Os sistemas de arrefecimento passivo devem ser planeados na fase de concepção do edifício, de forma a ampliar a sua eficácia. Alguns dos critérios são específicos da refrigeração, enquanto outros são comuns às técnicas de aquecimento passivo, tais como a orientação do edifício, a utilização de isolamento adequado, ou uma inercia térmica apropriada.

O sobreaquecimento é um fenómeno que se produz ao longo de todo o ano como consequência da transformação, num espaço fechado, da energia radiante, de origem solar, em energia térmica. Ao fim de algum tempo, o espaço cerrado apresenta uma temperatura muito superior à exterior, e torna desconfortável e, muitas vezes, impossível

115 CARDOSO, César - *Desenvolvimento da janela eco eficiente*, 2008

116 GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco op. cit. p. 285

117 COSTA, José A. R. op. cit. p. 103

a permanência no seu interior. Assim, na estação de arrefecimento devem ser incorporadas estratégias que controlem o efeito de sobreaquecimento, denominadas por estratégias de redução do sobreaquecimento e estratégias de eliminação do sobreaquecimento. As primeiras estão relacionadas com a protecção do edifício da radiação solar, enquanto as segundas têm como objectivo extrair do interior do edifício ar sobreaquecido, e introduzir-lhe ar mais fresco exterior¹¹⁸.

Qualquer elemento construtivo tem um efeito directo no sobreaquecimento, e por isso, deve ser prevenido. Assim, devem ser consideradas questões como a orientação das aberturas, a selecção de vidros, protecção solar dos envidraçados e a ventilação¹¹⁹.

2.3.2.1. Arrefecimento directo

Nos sistemas de arrefecimento directo destacam-se a protecção solar, ventilação, construções enterradas, arrefecimento por evaporação de água e refrigeração por desumidificação¹²⁰.

Protecção solar

A protecção dos envidraçados tem como objectivo principal melhorar o seu comportamento energético. A concepção de um dispositivo de sombreamento tem de considerar a altura e azimute do sol durante ano, de forma a responder mais eficazmente à sua solicitação. Este sombreamento pode ser feito de diversas formas, nomeadamente através do uso de vegetação de folha caduca, de forma a proteger dos raios solares no Verão, todavia permitir a sua penetração no Inverno; a posição dos elementos construtivos e a relação entre a fachada e outros factores de obstrução; a orientação das aberturas; a volumetria ou forma do edifício; ou ainda o uso de dispositivos externos, tais como palas, toldos ou estores reguláveis¹²¹.

118 GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco op. cit. p. 285,286

119 OLGAY, Victor, op. cit. p. 63-124; GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco op. cit. p. 287,288

120 MITJÁ, Albert [et al] – *Estalvi d'energia en el disseny d'edificis: aplicació de sistemes d'aprofitament solar passiu*, 1986

121 OLGAY, Victor, op. cit. p. 63-124; GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco op. cit. p. 287,2; SANTOS, Carlos A. Pina dos– Soluções Construtivas e Conforto Térmico. In *Ambiente em Edifícios Urbanos*, 2000, p. 165; PEDRO, J.Branco – Disposições Arquitectónicas: aplicação a edifícios residenciais. In *Ambiente em Edifícios Urbanos*, 2000, p. 432-442



Figura 2.21 - Sistema de sombreamento na Preparatory Academy, Hawai
(<http://archdaily.com>)



Figura 2.22 - Sistema de sombreamento (http://www.aeonline.ae/13/pdcnewsitem/01/62/18/index_13.html)

As protecções fixas têm a vantagem de necessitarem de reduzida manutenção, no entanto, são os dispositivos móveis que oferecem maiores benefícios, visto possibilitarem uma melhor interceptação da radiação solar em qualquer orientação, ajustando a sua posição a cada localização e ao deslocamento solar¹²². Apesar destes elementos necessitarem de um funcionamento mecânico, podem ser concebidos com materiais e sistemas de baixo impacto ambiental, assistindo-se a um retorno bastante rápido entre a energia gasta na sua produção e a energia economizada através da sua utilização. Estes elementos são vantajosos tanto no Verão como no Inverno, pois, no primeiro caso evitam a penetração solar com maior eficácia, devido à sua regulação em função do movimento do Sol, enquanto no segundo caso evitam as perdas térmicas por transmissão¹²³.

Ao colocar os dispositivos interiormente, parte da radiação recebida é transferida por convecção e radiação para o interior dos espaços, iniciando-se o processo de aquecimento, pelo que se mostra mais favorável a sua aplicação na parte exterior do envidraçado.

A quantificação da redução de energia solar recebida é feita mediante um princípio denominado por Factor de protecção solar – Fps – que é a relação entre a radiação que incide sobre um envidraçado, quando atravessada a protecção solar, e aquela que incidiria se não existisse sombreamento¹²⁴.

As orientações a Nascente e Poente exigem um tratamento mais cuidado do que as restantes, justificado pela baixa altura do sol nestas direcções. Enquanto na orientação a Sul um sombreamento horizontal protege do sobreaquecimento, a Este e Oeste são necessárias protecções verticais adicionais. O uso de cores claras, tanto nos elementos de sombreamento como nas fachadas é de extrema importância para minorar a absorção solar, e o consequente ganho térmico.

122 MOITA, Francisco - Energia Solar Passiva, 1987, p. 67; GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco op. cit. p. 291

123 GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco op. cit. p. 292,2; SANTOS, António J. – A iluminação natural. In *Ambiente em Edifícios Urbanos*, 2000, p. 244-252

124 GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco op. cit. p. 291

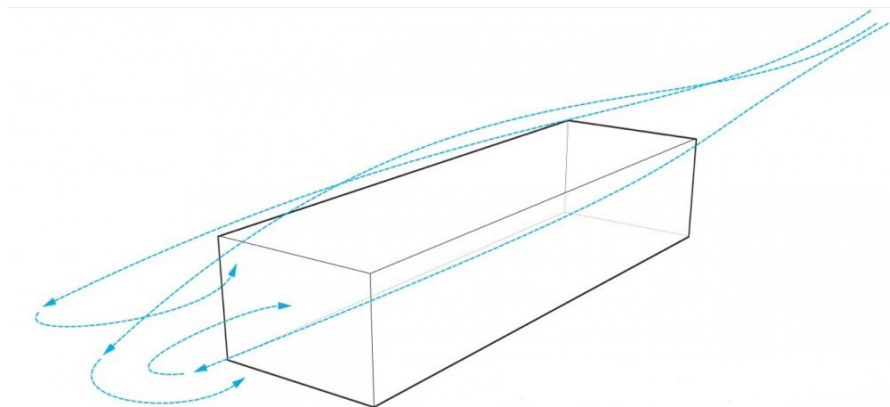


Figura 2.23 - Esquema de mudança de direcção do vento (<http://www.archdaily.com>)

Ventilação natural

Em Portugal a ventilação artificial tem sido amplamente utilizada como o principal meio para atingir um ambiente interior confortável. Esta circunstância pode ser invertida a partir do momento em que se faça um compromisso ético relativamente à forma, materiais e soluções arquitectónicas, de modo a preservar o ambiente e o futuro das gerações.

A ventilação natural baseia-se nas diferenças de pressões motivadas pela dinâmica do vento – ventilação natural dinâmica – ou pelas diferentes temperaturas entre interior e exterior – ventilação natural térmica¹²⁵.

Um elemento colocado perpendicularmente ao vento sofre uma pressão positiva na sua superfície frontal, e uma depressão ou pressão negativa na sua superfície posterior. Assim, nas bordas do elemento é provocado um aumento da velocidade, uma mudança de direcção do vento em sentido diagonal e uma zona de pressão positiva maior que a pressão atmosférica na sua parte frontal¹²⁶.

Quando o vento incide perpendicularmente (barlavento) a um edifício geram-se pressões negativas na maioria dos seus planos (sotavento). Desta forma, para obter uma ventilação natural eficaz, a projecção de aberturas deverá considerar as diferenças de pressão geradas pelo vento, situando-se, preferencialmente, em planos opostos. A forma do edifício pode igualmente regular os fluxos de ar para o interior ou exterior da edificação.

A velocidade do vento diverge em função das aberturas, pelo que se a abertura de entrada é maior do que a de saída, a velocidade do ar diminuirá ao entrar no edifício e aumentará ao sair, por *efeito Venturi*. Esta situação não se mostra benéfica, pois um dos objectivos a atingir é a velocidade do ar, de modo a promover a ventilação. No entanto, se a abertura mais pequena é a de entrada e a maior a

125 MONTERO, Jorge I.P. – Ventilação e Iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: estudo dos hospitais da rede Sarah Kubitscheck Fortaleza e Rio de Janeiro, 2006, p. 63; AMARAL, Manuel - *Sistemas de ventilação natural e mistos em edifícios de habitação*, 2008, p. 28

126 RIVERO, Roberto – *Acondicionamento térmico natural: arquitectura e clima*, 1986

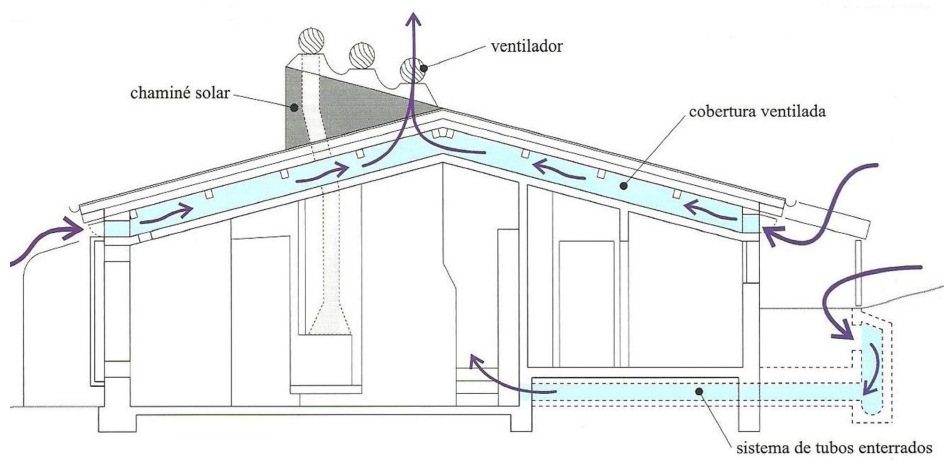


Figura 2.24 - Esquema de ventilação da Casa Shäfer, Porto Santo (Gonçalves, et al, 1997)

de saída, cria-se uma zona de indução, acelerando a circulação do ar. Assim, quanto maior for a diferença no dimensionamento das aberturas, maior será a velocidade de deslocação do ar¹²⁷.

Por outro lado, a ventilação natural térmica baseia-se na diferença de temperaturas entre o ar interior e exterior, originando pressões distintas que provocam um deslocamento de massa de ar da zona de maior pressão para a de menor pressão. Quando nestas condições existem duas aberturas a diferentes alturas, estabelece-se uma circulação de ar denominada por *efeito de chaminé*¹²⁸.

A ventilação cruzada consiste em favorecer o movimento de ar de um espaço ou de um conjunto de espaços associados, através da colocação de aberturas em fachadas opostas, desde que estejam em comunicação com espaços exteriores e possuam condições de radiação ou de exposição ao vento com características díspares¹²⁹.

A ventilação induzida ou efeito chaminé é baseada no efeito de estratificação do ar nos edifícios, que pode incitar ventilação quando não existe deslocação de ar exterior. Assim, através da colocação de aberturas a dois níveis, uma superior e outra inferior, produz-se um circuito no qual o ar mais quente sai pela abertura superior e o ar mais fresco exterior é introduzido pelas aberturas situadas no nível mais baixo¹³⁰.

A câmara solar ou chaminé solar tem a mesma função do que uma chaminé comum, no entanto, esta elimina ar quente interior. O procedimento consiste na aplicação de uma câmara-de-ar, com um captador de radiação solar de cor escura, protegido por um invólucro de vidro, na cobertura do espaço a climatizar, como se pode observar no pormenor da figura 2.26. Desta forma, o ar presente dentro da câmara é aquecido, diminuindo a sua densidade e provocando a extracção do ar no interior do edifício, devido ao fenómeno de estratificação do ar. Para otimizar o funcionamento da chaminé solar,

127 RIVERO, Roberto, op. cit.; GONZALEZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 307

128 *Ibidem*

129 SERRA&COCH (1995) in MENDONÇA, Paulo, op. cit. cap. V, p. 37; GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 308,309

130 *Ibidem*

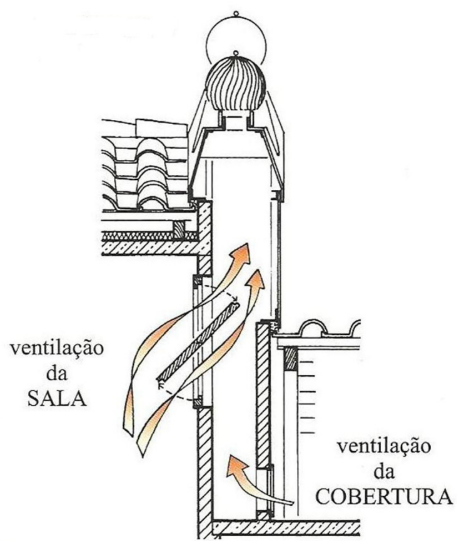


Figura 2.25 - Pormenor de chaminé solar, Casa Sháfer, Porto Santo (Gonçalves, et al, 1997)



Figura 2.26 - Pormenor exterior de chaminé solar, Casa Sháfer, Porto Santo (Gonçalves, et al, 1997)



Figura 2.27 - Esquema de aspirador estático (<http://www.archdaily.com>)

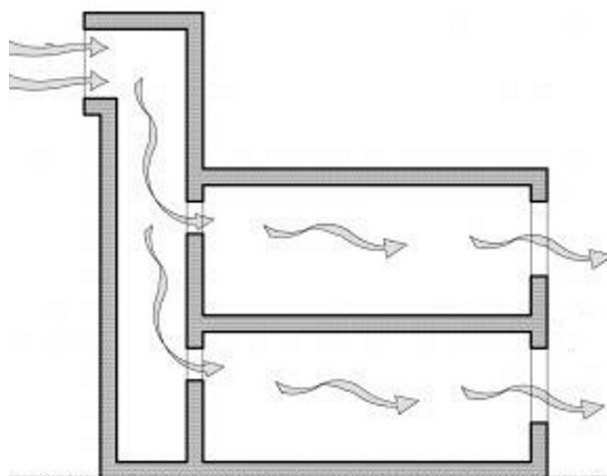


Figura 2.28 - Esquema de torre de vento (<http://www.ecoedility.it>)

estas devem orientar-se para a maior intensidade de radiação solar. Quanto maior a intensidade da radiação solar, maior o rendimento das chaminés solares, respondendo, assim, com a máxima eficácia quando é mais necessário. Este sistema pode também combinar-se com outros de tratamento de ar, de forma a obter melhores resultados na refrigeração interna¹³¹.

O aspirador estático é outro sistema para gerar movimento do interior para o exterior, sendo formado por um circuito que se inicia com a entrada de ar renovado pela abertura inferior do mesmo, seguido pela extracção do ar pela cobertura. Estes elementos produzem uma depressão do ar interior causada pela sucção produzida por um dispositivo estático aplicado na cobertura. Desta forma, o vento ao atravessar este dispositivo cria o *efeito Venturi*, razão da extracção do ar interior. Para ter uma utilidade eficaz deve ser usado em zonas com ventos constantes¹³².

A torre de vento é uma técnica que funciona de maneira inversa aqueles anteriormente citados. Aqui, a introdução de ar exterior no ambiente interior é realizada através de uma torre, que se encontra a maior altura do que a cobertura, de forma a recolher o vento onde este é mais intenso. O ar captado é transferido para a parte mais baixa do edifício através do uso de condutas. Quando o vento apresenta uma direcção dominante, a torre possui apenas uma abertura orientada no sentido do vento, contudo, quando são observadas várias direcções, a torre possui mais do que uma abertura, para melhor recolher os ventos¹³³.

As construções enterradas são uma forma de beneficiar das características térmicas do solo, pois este mantém-se a uma temperatura mais ou menos constante ao longo do ano, apenas variando em função da latitude e da profundidade. Deste modo, durante a época quente, o solo encontra-se mais frio do que a temperatura exterior, arrefecendo, assim, o ambiente interior do edifício. Contrariamente, de Inverno, o

131 SERRA & COCH (1995) in MENDONÇA, Paulo, op. cit. cap. V, p. 38; GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 314

132 *Ibidem*; *Ibidem*, p. 316

133 *Ibidem*, p. 38, 39; *Ibidem*, p. 319



Figura 2.29 - Exemplo de construção enterrada. Casa Baião, Souto Moura (<http://www.skyscrapercity.com>)



Figura 2.30 - Casa Baião, Souto Moura (<http://www.skyscrapercity.com>)



Figura 2.31 - Cortina de água pela fachada do Tea Pavilion, Tailândia (<http://www.archdaily.com>)

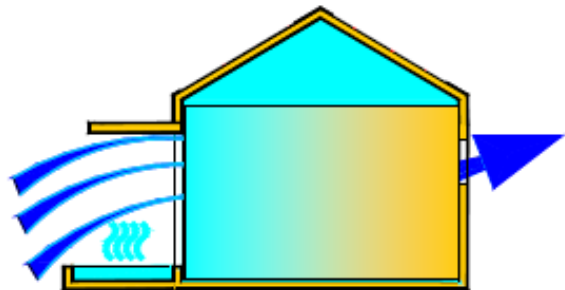


Figura 2.32 - Arrefecimento Evaporativo (COSTA, José, 2008)

solo exhibe uma temperatura mais quente do que a atmosfera exterior, aquecendo conseqüentemente a edificação¹³⁴. Um dos exemplos deste tipo de construção é a Casa Baião, do arquitecto Souto Moura, visível nas figuras anexas, 2.29 e 2.30.

O arrefecimento evaporativo obtém-se através da evaporação de massas de água. Esta absorve o calor do meio e aumenta a humidade, sem, no entanto, aumentar a temperatura do ar. Para fomentar a evaporação devem ser considerados a incidência do vento sobre a água e a turbulência desta, pelo que, quanto maior a intensidade de vento e maior a agitação das águas, mais acelerado é o processo de evaporação e arrefecimento dos espaços. Assim, soluções como fontes e correntes de água fomentam a agitação das águas e favorecem a evaporação. Coberturas de água ou mecanismos em que a água escorre pela fachada são também favoráveis à evaporação e refrigeração dos espaços¹³⁵.

2.3.2.2. Arrefecimento indirecto

O arrefecimento indirecto é composto por dois mecanismos, nomeadamente a radiação e ventilação nocturna dos elementos de armazenamento térmico.

O arrefecimento por radiação nocturna tira proveito do fenómeno de transferência de calor do corpo mais quente para o corpo mais frio e do facto da abóbada celeste se encontrar a uma temperatura baixa, fazendo com que o emissor de calor seja o edifício e a sua envolvente. Assim, mediante a colocação na cobertura de um elemento de armazenamento térmico (pesado ou água), obtém-se um sistema de dupla função. No período quente e durante o dia, a estrutura é coberta com um isolante, que impede a captação dos raios solares, absorvendo, ao invés, a energia calorífica do ambiente interior. Durante a noite, a camada protectora é retirada, e o calor armazenado durante o dia é irradiado para o exterior. Ao ser colocado na cobertura desfruta de um factor de exposição ao céu muito maior do que as

134 MITJÁ (1986) in MENDONÇA, Paulo, op. cit. cap. V, p. 39

135 GONZALÉZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 320; COSTA, José A. R. op. cit. p. 107



Figura 2.33 - Vista superior do pátio da Casa em Leiria, Aires Mateus (<http://www.archdaily.com>)



Figura 2.34 - Pormenor interior do pátio, Casa em Leiria, Aires Mateus (<http://www.archdaily.com>)

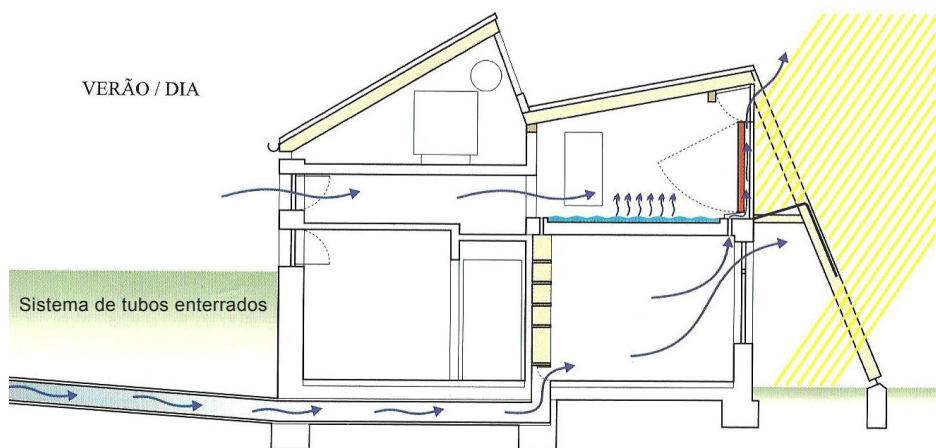


Figura 2.35 - Sistema de ventilação da Casa Solar, Porto Santo (Gonçalves, et al, 1997)

superfícies verticais, logo é mais profícua a sua aplicação nesse local do que nas fachadas. Para que o seu funcionamento seja efectivo é indispensável a existência de condições ambientais adequadas. Assim, quanto maior a nitidez atmosférica, nomeadamente céu limpo, poluição e humidade reduzida, melhor o funcionamento do sistema. Por outro lado, com céu nublado, não é possível visualizar a abóbada celeste, logo a transferência de calor do edifício para a atmosfera fica impossibilitada.

O efeito de arrefecimento por radiação nocturna pode ser intensificado através da construção de pátios fechados. O ar arrefecido, como é pesado, não consegue movimentar-se por convecção, logo permanece nesses espaços, arrefecendo, assim, os espaços interiores¹³⁶.

O arrefecimento por ventilação nocturna consiste, sobretudo, em fazer circular o ar fresco da noite e das primeiras horas da manhã, de forma a refrescar, não só os compartimentos interiores, mas também os elementos de armazenamento térmico. Assim, durante o dia estes elementos absorvem o calor interior, arrefecendo os espaços¹³⁷.

2.3.2.3. Arrefecimento isolado

Este tipo de sistema consiste na climatização do interior através de uma área isolada. O ar exterior atravessa um circuito de tubagens enterradas numa fonte fria, tais como o solo, um leito de pedras ou água, de modo a achar-se transformado em ar fresco quando chegar ao edifício. Quanto maior for o percurso do circuito, maior o arrefecimento do ar. Este sistema pode ser aberto, recebendo ar do exterior, ou fechado, arrefecendo apenas o ar recolhido no interior do edifício¹³⁸.

136 GONZALEZ, Neila & XAVIER, Francisco, op. cit. p. 320-325; COSTA, José A. R. op. cit. p. 109,110

137 MITJÁ (1986) in MENDONÇA, Paulo, op. cit. cap. V, p. 40

138 MITJÁ (1986) in MENDONÇA, Paulo, op. cit. cap. V, p. 41

2.4. A bioclimática em Portugal

A implantação do desenho bioclimático tem em vista a minimização do consumo energético para a manutenção do conforto ambiental dos edifícios, recorrendo ao uso de estratégias de desenho passivo, de forma a reduzir a necessidade de utilização de meios mecânicos de climatização ou iluminação, através de uma sábia adaptação do edifício ao contexto climático local.

Em Portugal, grande parte da energia consumida nos edifícios é desperdiçada, e não existem medidas de controlo dessa situação. Tanto as construções mais antigas como as actuais apresentam-se distantes das mínimas exigências racionais, e de iniciativas para contrariar este procedimento. Apesar da realidade, Portugal tem todas as condições para realizar uma prática construtiva sustentável, pois detém os conhecimentos arquitectónicos e técnicos para tal, assim como um clima privilegiado, temperado e ameno, com níveis óptimos de radiação solar. Assim, a quase total dependência de climatização e iluminação artificial revela-se injustificada, bem como a importação de métodos, normas e soluções arquitectónicas de outros países europeus, que detêm um clima, cultura, sociedade e realidade económica díspares de Portugal¹³⁹.

A arquitectura no âmbito de uma concepção bioclimática tem sempre de considerar o contexto climático local, pelo que no caso nacional, emergem diversas soluções devido a variabilidade do nosso clima, observável na arquitectura popular. A aplicação apropriada destes conceitos é, no fundo, boa prática construtiva.

“A arquitectura, para ser boa, já o é implicitamente sustentável!”¹⁴⁰

Em Portugal vive-se, essencialmente, um problema de cultura, que afecta, inevitavelmente, todas as áreas e sectores, incluindo a arquitectura. A psicologia e mentalidade portuguesas não desfrutam

139 RAMOS, Hermínio D – *Balço Energético em Edifícios: Para uma Política da Energia em Portugal, 2007*; GUEDES, Manuel C. – *Arquitectura Sustentável: oportunidades e desafios, 2007*; SIMÕES, Fausto - *A Green Vitruvius: princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável, 2001*, nota introdutória
140 MOURA, Eduardo Souto - “La buena arquitectura lleva implícito el ser sostenible”. Entrevista feita por Anatxu Zabalbeascoa, El País, 2007

de uma consciência ambiental e do estado global do planeta, logo a urgência de uma modificação no modo de pensar e fazer arquitectura, não se revela, aqui, relevante. Como consequência, outros valores se sobrepõem, concedendo espaço à criação de mercados paralelos e nichos de conveniência.

Os esforços que se praticam no sentido de melhorar a eficiência energética são pontuais e voluntários, revelando-se infrutíferos.

Da análise dos regulamentos, especialmente do RCCTE (Regulamento das Características de Conforto Térmico em Edifícios) e do RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios), pode constatar que não se verificam soluções minimamente sensíveis às premissas da bioclimática, nomeadamente no diálogo com o clima, no uso de materiais locais e na adopção de tecnologias passivas, de modo a gerar conforto térmico e otimizar a eficiência energética dos edifícios. Os regulamentos encontram-se desenquadrados da cultura do nosso país, baseando-se numa ideia de conforto particular de países norte-europeus e, mostrando uma preferência, ou até mesmo um apologismo pelos equipamentos mecânicos, abordando-os quase como exclusivos na criação de espaços interiores confortáveis. O uso de energias renováveis, assim como de alguns sistemas de construção passiva, são referidos de forma ambígua, sempre no campo opcional e não obrigatório.

Neste seguimento, parece-me pertinente referir que o RGEU (Regulamento geral das Edificações Urbanas) salvaguardava as condições mínimas da bioclimática, contudo, a sociedade e a legislação evoluíram no sentido da quase exclusiva utilização de tecnologias activas, esquecendo as premissas de boa construção e as indicações originais do RGEU. Os aspectos de adequação ao clima deverão influenciar o projecto de arquitectura, não apenas no seu estilo ou em pequenas modificações, como aquelas apresentadas no RCCTE, mas sim na sua essência.

Assim, os regulamentos em vigor revelam-se como um

estímulo a determinados nichos de interesse, o que nos conduz para um crescente endividamento, dependência energética e fragilidade económica e social. O problema cultural que vivemos, a falta de interesse, preguiça e passividade dos utentes, revela-se como uma mais-valia no fomento destes mercados paralelos, visto que uma sociedade adormecida não se encontra apta para combater e reverter a realidade que experienciamos.

Com maior especificidade, pode-se ainda referir alguns desses nichos que controlam o funcionamento do país. Por um lado, deparamo-nos com o conflito económico da energética, que assenta numa vontade de optimização da actividade, sem considerar as consequências. Assim, como a redução das perdas energéticas só beneficia o consumidor, é ignorada. Ainda passa despercebida aos governantes e à maioria dos portugueses que a redução das perdas energéticas representa uma enorme fonte de energia¹⁴¹. Na dinâmica política é sempre preservado o que convém aos intervenientes, e assim, fica renegado à sociedade o progresso e estabilidade pretendidas.

Por outro lado, encontra-se o conflito tecnológico, que surge, sobretudo, na conversão termoelétrica. Não é conveniente às redes de transporte uma produção local de energia eléctrica, repartida pelos pontos de consumo, com características adaptadas às suas necessidades específicas. E, neste sentido, o poder institucional continua a adiar alterar os modos convencionais de agir no país¹⁴².

Assim, assiste-se a uma falta de informação e conhecimento, tanto por parte das entidades governamentais, como pelo sector técnico e comprador comum, do importante contributo que os princípios de desenho passivo podem facultar na melhoria da situação nacional. Vive-se ainda a crença que a abordagem bioclimática é algo pouco credível, instável e mais dispendioso do que uma construção convencional, o que, aliado à falta de apoios e incentivos, resulta

141 RAMOS, Hermínio D – *Balanço Energético em Edifícios: Para uma Política da Energia em Portugal, 2007*; GUEDES, Manuel C. – *Arquitectura Sustentável: oportunidades e desafios, 2007*

142 *Ibidem*

numa experiência insuficientemente aplicada¹⁴³.

A comparação dos balanços energéticos de diferentes países europeus permite avaliar o nível de racionalidade na utilização da energia. Em Portugal existe ainda muito por fazer de modo a reduzir a relação entre as perdas energéticas e os consumos totais, sendo os edifícios um dos principais causadores desta situação. A concepção bioclimática, que preconiza uma boa prática arquitectónica, deve ser o objectivo e o alicerce de qualquer projecto, de modo a afirmar-se verdadeiramente como arquitectura. Esta premissa deve ser um dos pontos de partida para a aplicação de uma estratégia de conservação e independência energética.

143 Architectural Association – *Solar Energy and Housing Design*, 1994, p.23



Figuras 3.1 - Casas na areia, Comporta (<http://www.archdaily.com>)

CAPÍTULO III - Estudos de caso

*“O arquitecto deve ser um profeta, um profeta no verdadeiro sentido da palavra; se não consegue ver dez anos à frente, então não lhe chamem de arquitecto”*¹.

A arquitectura tem a capacidade de gerar qualidades genéricas na paisagem, pelo que deve ser apreendida em inter-relação com a dimensão cultural. Contudo, segundo Ricardo Carvalho², essa dimensão mostra-se, actualmente, completamente *“delapidada na paisagem contemporânea de Portugal”*, observando-se uma intrusão ou degradação visual³. Apesar de a arquitectura qualificada ir de encontro aos princípios bioclimáticos, a construção com carácter comercial propagou-se intensamente, conduzindo a um panorama de desvinculação entre ambiente natural, contexto social e ambiente edificado. Assim, apesar de os arquitectos terem os meios e ferramentas para praticarem uma arquitectura correcta, são frequentemente impossibilitados pelos factores social e comercial, que apenas denotam uma preocupação económica.

Desta forma, afigurou-se pertinente verificar se a jovem arquitectura portuguesa exhibia sensibilidade para estas questões, e se assumia a bioclimática como uma mais-valia para a arquitectura.

1 WRIGHT, Frank Lloyd in WINES, James – *Green architecture*, 2000, p.194

2 Carvalho, Ricardo – *A casa que bifurca*, [20-?]

3 *Apud*: COSTA, Patrícia F. B. – *Análise visual da paisagem: caso estudo concelho de Almada*, 2011, p. 3



Figura 3.2 - Pavilhão comum (<http://www.archdaily.com>)



Figura 3.3 - Pormenor de cobertura (<http://www.archdaily.com>)

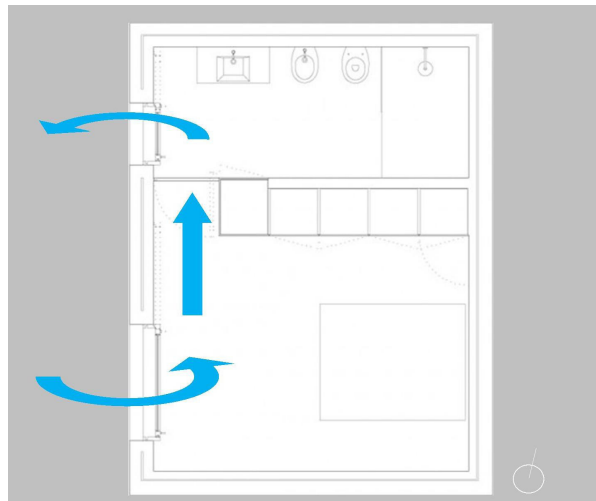


Figura 3.4 - Diagrama de ventilação

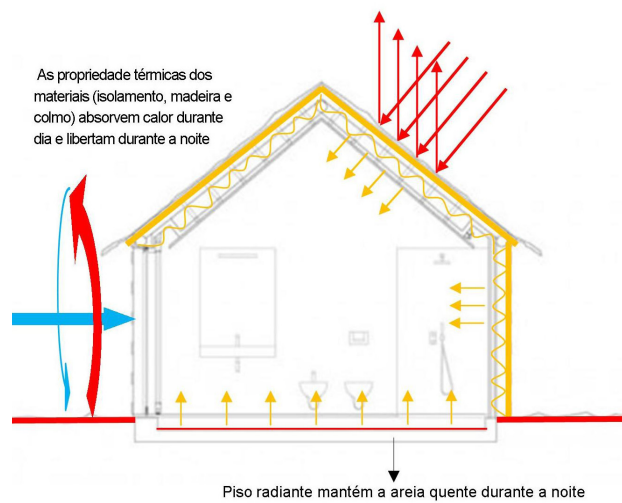


Figura 3.5 - Diagrama de trocas de calor

Nos estudos de caso apresentados em seguida são abrangidas as tipologias turística, habitacional e escolar, de maneira a comprovar, não só que existe boa construção, em tipologias distintas com necessidades díspares, mas também que a arquitectura escolar pode ser bem-sucedida e igualmente uma fonte de inspiração.

3.1. Casas na areia, Comporta

Sistemas passivos:

- a) Controlo dos ganhos solares (aberturas reduzidas, paredes brancas);
- b) Isolamento das paredes e cobertura;
- c) Arrefecimento evaporativo (presença de uma grande massa de água, o mar);
- d) Minimização das perdas (isolamento da envolvente);
- e) Ganhos solares a Sul;
- f) Utilização de materiais vernaculares (alvenaria, madeira, caniço, colmo, palha e areia);
- g) Contextualizada na tradição local.

O projecto *Casas na Areia* baseou-se na recuperação de um conjunto de casas de pescadores, e foi concretizado pela dupla de arquitectos Aires Mateus. Tal como o nome indica, encontram-se implantadas numa praia, na Comporta, no concelho de Grândola, apresentando um carácter contemporâneo profundamente enraizado na tradição local, visível através da forma, do uso de materiais vernaculares (palha, colmo e madeira) e ainda pela sua manifesta simplicidade. A areia da praia estende-se para o interior de um dos pavilhões, conferindo ao espaço interno uma situação de conforto

natural e proporcionando uma díspar experiência de habitar.

O conforto térmico é assegurado pelo uso de materiais naturais, que detêm excelentes propriedades térmicas e acústicas, pelas aberturas controladas orientadas a Sul, e também pelo correcto isolamento de toda a envolvente. A presença do mar permite um arrefecimento evaporativo, o que, aliado à ventilação natural, possibilita a manutenção do conforto do espaço interno. As perdas térmicas são equitativamente restringidas através dos limitados envidraçados e isolamento térmico. É ainda prevista a aplicação de piso radiante debaixo do pavimento em areia de um dos volumes, de maneira a mantê-la aquecida durante a noite, garantindo um agradável usufruto do espaço interno⁴.

4 BASUALDO, Ana – Un Eden en las Dunas, 2011, p.148-159



Figura 3.6 - Pavilhão desportivo, Braga (<http://www.archdaily.com>)



Figura 3.7 - Campo de jogos interior (<http://www.archdaily.com>)



Figura 3.8 - Iluminação superior (<http://www.archdaily.com>)

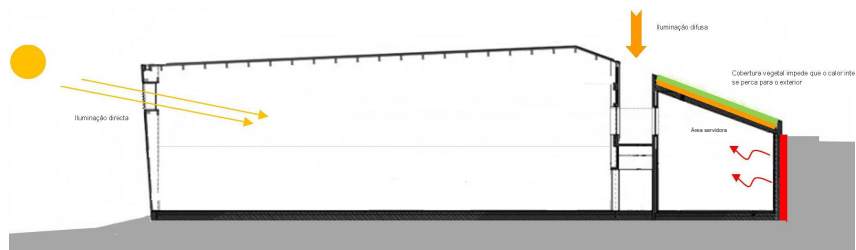


Figura 3.9 - Esquema de Inverno



Figura 3.10 - Esquema de Verão

3.2. Pavilhão desportivo, Braga

Sistemas passivos:

- a) Ganhos solares (cobertura e fachada orientada a Sul);
- b) Construção parcialmente enterrada (o solo possibilita um equilíbrio térmico das temperaturas);
- c) Arrefecimento indirecto (cobertura ajardinada);
- d) Minimização dos ganhos e consumo (iluminação e ventilação natural);
- e) Elementos de sombreamento (*brise-soleil* e elementos construtivos);
- f) Isolamento da envolvente (isolamento térmico);
- g) Áreas servidas energeticamente eficientes;
- h) Uso de materiais naturais (madeira);
- i) Inserção na tradição local (uso de madeira para lembrar as antigas quintas típicas da zona).

O projecto do *Pavilhão Desportivo*, situado na cidade de Braga, é da autoria dos arquitectos Filipe Brandão e Nuno Sanches. O pavilhão veio completar as necessidades de uma escola primária pré-existente, relacionando-se com ela, de modo a minimizar o seu impacto na paisagem. Assim, a cobertura ajardinada apresenta-se como uma continuação da vegetação já existente, e permite a minimização dos ganhos térmicos no Verão. Orientada a Sul, de forma a captar o máximo de radiação solar, foi igualmente planeada para potenciar a colocação de painéis solares de aquecimento de água. A construção parcialmente enterrada no terreno tem uma dupla função: por um lado, permite uma integração na paisagem mais harmoniosa; e por outro, recebe do solo o seu efeito de regulador térmico. Todos os

compartimentos do complexo desportivo são dotados de iluminação natural protegida por elementos de sombreamento, assegurando os ganhos caloríficos quando eles se tornam mais necessários, e minimizando-os quando não são desejados. Nas zonas onde a solicitação térmica é mais exigente, nomeadamente nas áreas servidoras, o projecto revela-se eficiente e responsável. A utilização da madeira mostra-se também bastante favorável, não só por ser um material natural, com características técnicas e térmicas apreciáveis, mas também porque permite uma contextualização na tradição local, trazendo à memória as instalações das antigas quintas, próprias daquela região.

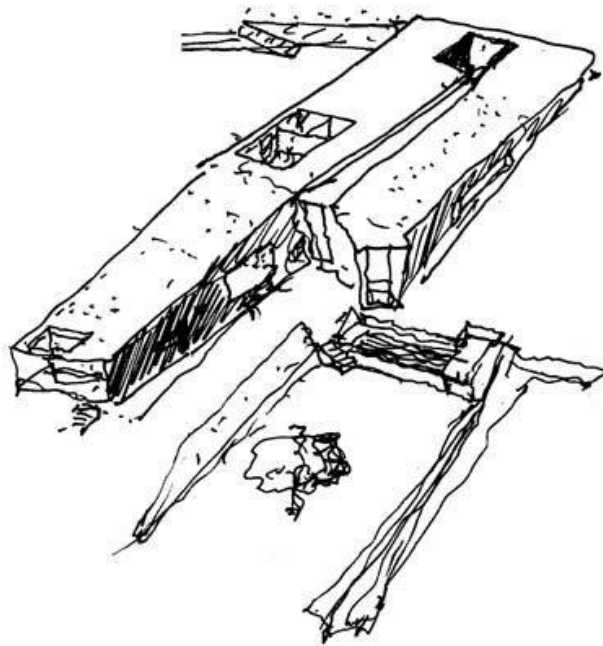


Figura 3.11 - Esboço (<http://www.arcstreet.com/80-categorie-2035.html>)



Figura 3.12 - Vista norte, Casa Romeirão, Ericeira (<http://www.archdaily.com>)



Figura 3.13 - Vista sul, Casa Romeirão (<http://www.archdaily.com>)

3.3. Casa em Romeirão, Ericeira

Sistemas passivos:

- a) Ganhos solares (envidraçados);
- b) Protecção contra os ventos dominantes (acompanha o declive do terreno);
- c) Inércia térmica;
- d) Construção parcialmente enterrada (aquecimento e arrefecimento pelo solo);
- e) Arrefecimento evaporativo;
- f) Elementos de sombreamento (construtivos e vegetação);
- g) Iluminação e ventilação natural (envidraçados, pátios).

Localizado na pendente norte de um vale, no Romeirão, próximo da praia de Ericeira, encontra-se a Casa Romeirão, realizada pelos arquitectos José Mateus e Nuno Mateus. Esta obra revela uma relação de reciprocidade com a paisagem, privilegiando o domínio visual sobre o vale, apresentando, de forma implícita, os valores vernáculos da arquitectura tradicional portuguesa⁵.

O resultado é um volume longo, que se encaixa na topografia, contrariando as curvas de nível. No extremo norte a casa encontra-se enterrada, mostrando-se a cobertura como a continuidade do terreno, e possibilitando o usufruto das características de regulador térmico do solo, favorecendo o aquecimento no Inverno, e o arrefecimento no verão. Os pátios presentes no volume auxiliam na distribuição de funções, e ainda, a melhorar a ventilação e iluminação natural⁶.

As aberturas são orientadas para Sul, de forma a orientar as vistas para o vale, como já foi referido, possibilitando ganhos térmicos

⁵ Carvalho – A casa que bifurca, [20-?]

⁶ *Ibidem*

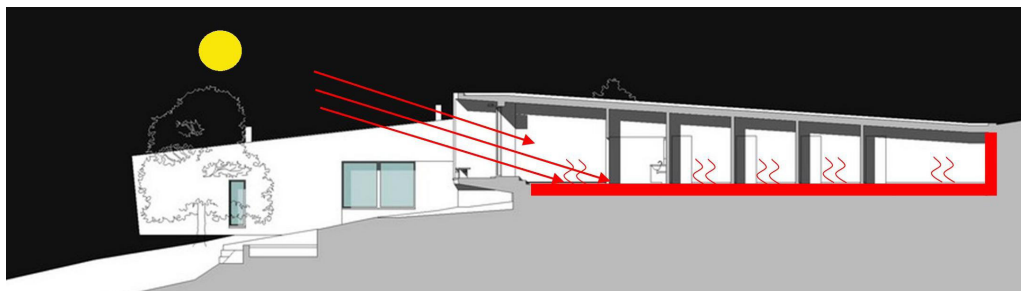


Figura 3.14 - Esquema geral de ganho de radiação solar directa no Inverno

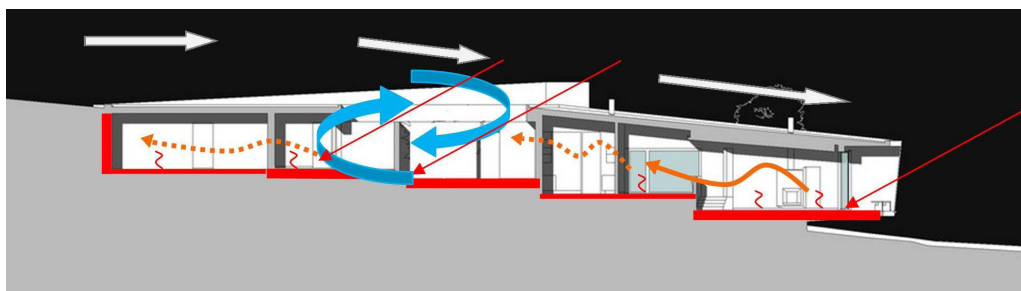


Figura 3.15 - Esquema de ventilação, aproveitamento de radiação solar directa, acumulação e distribuição térmica

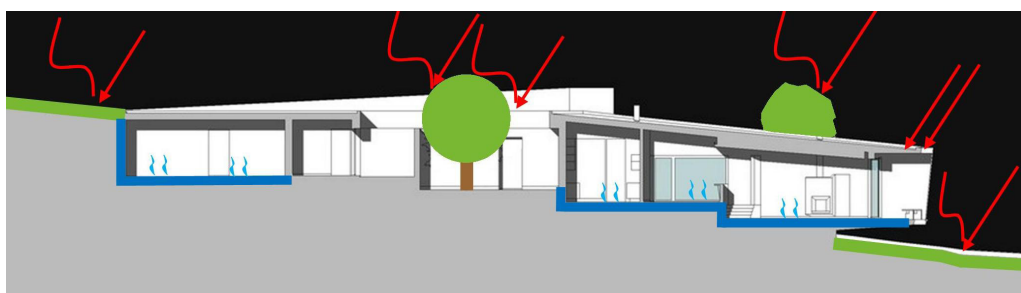


Figura 3.16 - Esquema de controlo da incidência de radiação solar directa no Verão

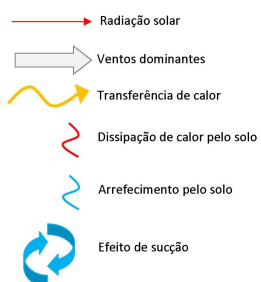


Figura 3.17 - Esquema de circulação de ar

consideráveis durante a estação de aquecimento. Igualmente, a implantação abrigada do edifício permite que este seja protegido dos ventos, contribuindo, assim, para a minimização das perdas térmicas. Estes factores associados à inércia térmica das paredes e à função de regulador térmico do solo, conferem ao espaço interior um ambiente confortável.

Na estação de arrefecimento, a presença de vegetação e de massas de água, nomeadamente a ribeira ao fundo do vale e um tanque próximo do edifício, originam um arrefecimento das temperaturas por evaporação. Para evitar o sobreaquecimento neste período do ano, os envidraçados direccionados a Sul encontram-se protegidos por elementos de sombreamento, tanto externos como internos⁷.

7 TOUSSAINT, Michel - Anuário de arquitectura 14, 2011

CONCLUSÃO

“É significado através da forma dentro da função!”¹

A abordagem deste tema deixa perceptível a necessidade de consciencialização por parte de todos os intervenientes no sector construtivo, de forma a evoluirmos para níveis otimizados de estar, ser e pensar.

“Qual é o futuro da sustentabilidade? É apenas uma fase que acabará por desaparecer? Uma coisa é certa: os assuntos introduzidos pelo movimento verde - alteração climática, superpopulação, recursos limitados, poluição, desaparecimentos de espécies, e mais - não são uma moda passageira; estes são factos complexos com os quais não podemos evitar lidar no futuro”².

Apesar do presente trabalho estar direccionado para as tecnologias passivas, como meio de atingir altos níveis de eficiência energética, preservando simultaneamente o ambiente, não se pretende evocar um retorno romântico ao vernacular, mas sim, mostrar que estes conhecimentos e princípios devem ser o ponto de partida para qualquer projecto de arquitectura. As tecnologias passivas e activas

1 SAUTER, Florian – Natural Metaphor: an anthology of essays on architecture and nature, 2007, p. 152
“It is meaning through form within function”.

2 SCHULER, Matthias & THIERFELDER, Anja – *In situ: site specificity in sustainable architecture*. Harvard Design Magazine. 1:30 (2009) p. 59

“What is the future of sustainability? Is it just a phase that will prompt a backflash? One thing is certain: attention to the subjects introduced by the green movement - climate change, overpopulation, limited resources, pollution, disappearances of species, and more - isn't just a passing fad; these are hard facts we cannot avoid dealing with in the future”.

devem trabalhar paralelamente, devendo ser apreendidas como instrumentos que se complementam na procura de uma experiência arquitectónica responsável.

Actualmente, a introdução de leis que incentivam o uso de sistemas activos, não nos permite fugir da dualidade e necessidade de inter-relação destas duas componentes. Ambas devem formar um sistema integrado que trabalha para a obtenção de um bom desempenho energético do edifício, e para uma maior independência do recurso a energias fósseis convencionais³. Assim, não devem ser privilegiadas abordagens com forte vertente tecnicista, em que a tecnologia é explorada intensamente, resultando em soluções universais e dissociadas do lugar⁴, nem tão pouco esquecer todos os avanços científicos e técnicos ao adoptar uma postura revivalista de tradição vernacular. A relação desejável da arquitectura bioclimática com o novo é de inclusão, abraçando o futuro tanto como o passado⁵.

“(...)Apenas através da comunicação entre sabedoria tradicional e os padrões contemporâneos numa sinergia que incorpora tecnologias activas e passivas, a arquitectura pode fornecer respostas sustentáveis para questões legítimas”⁶.

O objectivo principal desta pesquisa foi o de perceber se haveria em Portugal uma experiência bioclimática generalizada, resultando na percepção de duas realidades distintas. Para perceber se a arquitectura jovem portuguesa exibia os mesmos padrões e princípios que o filão de arquitectos qualificados e reconhecidos, nacional e internacionalmente, foram avaliados e estudados casos particulares. Foram consideradas tipologias distintas, de maneira a abranger uma maior variedade de situações e concluir se haveria ou não uma aplicação mais consistente destes princípios, consoante a exigência e ocupação de destino. Esta análise demonstrou-se frutífera, no sentido em que desfrutamos de uma jovem arquitectura portuguesa plena de

3 HAGAN, Susannah – *Taking Shape*, 2001, p. 104

4 *Ibidem*, p. 73

5 *Ibidem* p. 75

6 KEREZ, Christian - *Natural Metaphor: na anthology of essays on architecture and nature*, 2007, p.96

“Only as a communion of traditional knowledge and contemporary standards, as a synergy that incorporates the high and the low, architecture might offer sustainable answers to apparent questions”.

saber, conhecimento e consciência da arquitectura como um sistema holístico. As obras apresentam frequentemente um diálogo com todos os componentes da envolvente, usufruindo das características climáticas locais para otimizar o comportamento energético do edifício. Genericamente, para além de serem eleitos materiais locais, o dimensionamento e concepção arquitectónicas demonstram uma preocupação presente em criar condições de arrefecimento e aquecimento passivo, de forma a minimizar a dependência de sistemas mecânicos convencionais. Os sistemas activos são usados sábia e pontualmente, em paralelo com os passivos, de forma a criar uma estrutura simbiótica.

Por outro lado, existe em Portugal uma elevada percentagem de arquitectura com carácter meramente comercial, e portanto, com um estrito interesse em rentabilizar e capitalizar apenas economicamente os recursos desta actividade. A adaptação ao contexto geográfico, a projecção de espaços com capacidade para gerar situações de conforto, ou ainda, a preocupação com materiais e cultura locais, não apresentaram nestes casos qualquer relevância. Esta abordagem é recorrente e cresce exponencialmente, devido a um problema cultural que experienciamos, tanto por parte do sector político, como do cidadão comum. O uso de aquecimentos e aparelhos de ar-condicionado poderia ser minimizado, ou até anulado, se os espaços fossem conscientemente planeados, e se houvesse um sentido de responsabilidade, pro-actividade, seriedade e eficiência em todos os intervenientes na fileira de construção.

A nossa letargia, inconstância e inabilidade para a gestão operativa deste factor estão a colocar-nos numa situação de difícil transformação. As nossas acções têm consequências e é premente agir de acordo com as necessidades do presente⁷.

Somos detentores de saber e conhecimento para alterar esta situação a nível global, pelo que é preciso incentivos e acções que fomentem uma nova relação entre os edifícios e ambiente natural.

⁷ *Ibidem*, p. 105

A utilização do termo “arquitetura bioclimática” deixará de ser necessário, pois a sustentabilidade ambiental será uma das premissas entendidas por todos, e manter-se-à, naturalmente, intrínseca de toda a arquitetura⁸.

⁸ HAGAN, Susannah – Taking Shape, 2001, p. 196

BIBLIOGRAFIA

ÁBALOS, Iñaki – Beauty from Sustainability. Harvard Design Magazine. London. ISBN 13: 9780816647569. 1:30 (2009) 14-31.

ÁBALOS, Iñaki – **Naturaleza y arteficio: el ideal pintoresco en la arquitectura y el paisagismo contemporâneos**. Barcelona: ed. Gustavo Gilli, 2009. 262 p. ISBN 9788425222764.

ÁBALOS, Iñaki & MATEO, José L. – **Natural Metaphor: an anthology of essays on architecture and nature**. Barcelona: Actar, 2007. 176 p. ISBN 9788496954083.

AL GORE; GUGGENHEIM, Davis – *An inconvenient truth*. EUA: Paramount, 2006, 1 disco (DVD).

ALDEIA, Lara J.V. – O compromisso entre o moderno e tradicional na habitação isolada. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2010. Tese de Mestrado.

ALMEIDA, Hélder - Análise do conforto térmico de edifícios utilizando as

abordagens analítica e adaptativa. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2010. 192 p.

ALMEIDA, Pedro V. [et al.] – **Arquitectura do século XX: Portugal**. Lisboa: Portugal – Frankfurt 97, Centro Cultural de Belém, 1997. 352 p. ISBN 3791319108.

ALVES, A. José & ALMEIDA, A. Traça – Contribuição didáctica para o ensino de energia solar; *Gazeta de Física*, vol.11 Fasc.3/4; 1984.

AMARAL, Manuel - Sistemas de ventilação natural e mistos em edifícios de habitação. Porto: Faculdade de Engenharia, 2008. 355 p.

ARAÚJO, Maria – A originalidade do clima Mediterrâneo [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://web.letras.up.pt/asaraujo/geofis/t1.html#4%20-%20A%20originalidade%20do%20clima%20Mediterraneo>

BALTAZAR, Sofia C.P. – Mapas Bioclimáticos de Lisboa. Lisboa: Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, 2010. Tese de Mestrado. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em http://www.repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3858/1/igotul000951_tm.pdf

BASUALDO, Ana. – Un Eden en las dunas. Arquitectura y diseño. Barcelona. 114 (2011) 148-159.

BAUMAN, Zygmunt – **Modernidade Líquida**. Rio de Janeiro : Jorge Zahar Editor, 2001. 258 p. ISBN 8571105987.

CABRAL, Renata C. – Mário Russo: um arquitecto italiano racionalista em Recife [Em linha]; Recife: Editora Universitária UFPE, 2006 [Consult. Agosto-Dezembro 2011] Disponível em <http://www.books.google.pt>. ISBN 8573153296.

CALDAS, João V. – Cinco entremeios entre o ambíguo Modernismo. In Arquitectura do séc. XX: Portugal. Lisboa: Portugal – Frankfurt 97, Centro Cultural de Belém, 1997. 352 p. ISBN 3791319108.

CARDIELOS, João P., - A construção de uma arquitectura da paisagem. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2009. 2 vol. Tese de Doutoramento.

CARDOSO, César - Desenvolvimento da Janela Eco Eficiente. Universidade do Minho, 2008. Tese de Mestrado. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/8860?mode=full>

CARRÓLO, Nuno P. R. – Introdução dos painéis fotovoltaicos como elementos de composição arquitectónica Revista Lusófona de Arquitectura e Educação [Em linha]. (2007) [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://recil.grupolusofona.pt/jspui/handle/10437/377> ISSN 1646-6756.

CARVALHO, Ricardo – A casa que se bifurca (20-?) [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.arx.pt/pt/arx/339-ricardo-carvalho-a-casa-que-se-bifurca>

Carta de Atenas; CIAM – Congresso Internacional de Arquitectura Moderna; Instituto do Património Histórico e Artístico e Nacional; 1933 [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em http://www.icomos.org.br/cartas/Carta_de_Atenas_1933.pdf

CARVALHO, Vânia F.M. – Contributos bioclimáticos para o planeamento urbano sustentável: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas. Porto: Faculdade de Letras, 2006. Tese de Mestrado. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/11248>

CASSIGOLI, Renzo – **Renzo Piano: la responsabilidad del arquitecto**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 2005. 96 p. ISBN 8425220459.

COELHO, Ana M.F. – (Est)ética Sustentável: Práticas de uma arquitectura em evolução, o delinear de novas estratégias e práticas projectuais. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologias, 2009. 195 p. Tese de Mestrado.

CORDEIRO, A. – **Direito da Arquitectura: colectânea anotada de textos legais**. 6ª ed. Lisboa: SPB 2002. 714 p. ISBN 972726154.

COSTA, Fernando A.V. – Aproveitamento passivo de energias e geotermia. Porto: Faculdade de Ciência e Tecnologia, 2008. 95 p. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.bdigital.ufp.pt/dspace/handle/10284/1006>

COSTA, José A.R. – A evolução da Arquitectura Bioclimática: contributo para a sustentabilidade arquitectónica e urbana. Porto: Universidade Portucalense, 2008. 192 p. Tese de Doutoramento. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.repositorio.uportu.pt/dspace/handle/123456789/301>

COSTA, Patrícia F.B. – Análise Visual da Paisagem, Caso de estudo – Concelho de Almada. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, 2011. 170 p. Tese de Mestrado. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.repository.utl.pt>

CUADRAT, José Mª & PITA, Maria Fernanda – **Climatologia**. 2ª ed. Madrid: Cátedra, 2006 504 p. ISBN 8437615313.

DANTAS, Fabiane R.C. [et al] – Determinação do albedo da superfície a partir de dados AVHRR/NOAA e T/LANDSAT-5 Revista Brasileira de Meteorologia. [Em linha] (2010) [Consult. Agosto-Dezembro 2011] Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010277862010000>

100003&script=sci_arttext ISSN 01027786.

DECRETO-LEI nº 80/2006 de 4 de Abril, 2006. Regulamento das Características de Conforto Térmico em Edifícios (RCCTE). [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.engenhariapt.com/2011/05/29/download-regulamentos-construcao-civil/>

DECRETO-LEI nº 96/2008 de 9 de Julho, 2008. Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE). [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.engenhariapt.com/2011/05/29/download-regulamentos-construcao-civil/>

DECRETO-LEI nº 79/2006 de 4 de Abril, 2006. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.engenhariapt.com/2011/05/29/download-regulamentos-construcao-civil/>

EDWARDS, Brian – **O guia básico para a sustentabilidade**. 2ª ed. Barcelona: Ed. Gustavo Gilli, 2008. 223 p. ISBN 9788425222085.

FATHY, Hassan - Architecture and Environment: Building a Sustainable Future The Aridlands Newsletters. [Em linha] 36 (1994) [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://ag.arizona.edu/oals/ALN/aln36/Fathy.html> ISSN 10925481.

FATHY, Hassan – **Natural Energy and Vernacular Architecture**. Chicago: The University of Chicago Press, 1986. 171 p. ISBN 0226239187.

FERNANDES, E. O.; MALDONADO, A. B.; GONÇALVES, H. J. P. – **Comportamento térmico da casa termicamente otimizada: primeiros resultados**. 2º Congresso Ibérico de Energia Solar. Lisboa; 1984.

FERNANDES, José M. – **Arquitetura Modernista em Portugal [1890-**

1940]. Lisboa: Gradiva, 1993. 159 p. ISBN 9726623391.

FERNANDES, José M. - **Português Suave: arquiteturas do Estado Novo**. Lisboa: IPPAR, 2003. 243 p. ISBN 9728736266.

FERNANDEZ, Sergio – *Arquitetura Portuguesa, 1961-1974*. In *Arquitetura do séc. XX: Portugal*. Lisboa: Portugal – Frankfurt 97, Centro Cultural de Belém, 1997. 352 p. ISBN 3791319108.

FERNANDEZ, Sergio – **Percorso: Arquitectura Portuguesa: 1930-1974**. 2ª ed. Porto: Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto; 1988. 207 p.

FROTA, Anésia & SCHIFFER, Sueli – **Manual de Conforto Térmico**. 5ªed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. ISBN 8585445394.

GAUZIN-MULLER, Dominique – **Sustainable architecture and urbanism: concepts, technologies, examples**. Basel [etc] : Birkhauser, 2002. 255 p. ISBN 3764366591.

GONÇALVES, Helder [et al.] – **Edifícios Solares Passivos em Portugal**. Lisboa: INETI, 1997. 93 p. ISBN 9726761638.

GONÇALVES, Helder – Comportamento de sistemas solares passivos em edifícios. Porto: Faculdade de Engenharia, 1986. 198 p. Tese de Mestrado. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.repositorio-aberto.up.pt>

GONÇALVES, Helder & GRAÇA, João M. – Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal. Lisboa: DGGE, 2004. ISBN 9728268343. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/Documentacao/Maisrecentes/Documents/ConceitosBioclim%C3%A1ticos.pdf>

GONZÁLEZ, Neila & XAVIER, Francisco – **Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible**. Madrid: Ed. Munilla-Lerfá, 2004. 443 p. ISBN 8489150648.

GUEDES, Manuel C. – Arquitectura Sustentável: oportunidades e desafios Revista Lusófona de Arquitectura e Educação. [Em linha] (2007) [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://recil.grupolusofona.pt/jspui/handle/10437/396> ISSN 1646-6756.

HAGAN, Susannah – **Taking Shape: A new contract between architecture and nature**. Oxford: Architectural Press, 2001. 215 p. ISBN 0750649488.

Harvard Design Magazine. London 1:30 (2009). ISBN 13: 9780816647569.

LANHAM, Ana; GAMA, Pedro; BRAZ, Renato - Arquitectura Bioclimática: perspectivas de inovação e futuro [Em linha]. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2004. 66 p. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em http://www.gsd.inesc-id.pt/~pgama/ab/Relatorio_Arq_Bioclimatica.pdf

LAMAS, José M. R. G. – **Morfologia urbana e desenho da cidade**. 4ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2007. 590 p. ISBN 9723109034.

LE CORBUSIER – **Princípios de urbanismo: La carta de Atenas**. Barcelona: Ariel, 1971. 151 p.

LE CORBUSIER – **Precisões sobre um estado presente da arquitectura e do urbanismo**. São Paulo: Cosac & Naif, 2004. 295 p. ISBN 8575032909.

LOBÃO, Ricardo – Modelo simplificado de previsão do comportamento térmico de edifícios. Guimarães: Universidade do Minho, 2004. Tese de Mestrado. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em

<http://www.repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/2667>

MALDONADO, Eduardo – Sistemas solares passivos Gazeta Física. [Em linha]. 8:3 (1985) [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em http://www.nautilus.fis.uc.pt/spf/velharia/gazeta/vol_8.html

MATIAS, Luís M. – Conforto Térmico em Ambientes Interiores. In Ambiente em Edifícios Urbanos. Lisboa: LNEC, 2000. 463 p. ISBN 9724918513.

MENDONÇA, Paulo Jorge – Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados. Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, 2005. Tese de Doutoramento. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>

MITJÁ, Albert [et al.] – **Estalvi d'energia en el disseny d'edificis: aplicació de sistemes d'aprofitament solar passiu**. Barcelona: Generalitat de Catalunya/Departament d'Indústria i Energia, 1986. 300 p. ISBN 8439306709.

MOITA, Francisco – **Energia Solar Passiva**. Lisboa: Direcção Geral de Energia/Imprensa Nacional Casa da Moeda, 1987. Vol. 1.

MOITA, F. – **Energia Solar Passiva**. Lisboa: Direcção Geral de Energia/Imprensa Nacional Casa da Moeda, 1987. Vol.2.

MONTERO, Jorge I. P. – Ventilação e Iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: estudo dos hospitais da rede Sarah Kubitscheck Fortaleza e Rio de Janeiro. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2006. 262 p. Tese de Mestrado. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-12032007-225829/>

MOURA, Eduardo Souto - La buena arquitectura lleva implícito el ser sostenible. El País. [Em linha]. (2007) [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em http://www.elpais.com/articulo/arte/buena/arquitectura/lleva/implicito/ser/sostenible/elpepuculbab/20070630elpbabart_9/Tes

MUGA, Henrique – **Psicologia da arquitectura**. 2ª ed. Canelas: Gailivro, 2006. 262 p. ISBN 9895572417.

NUNES, Livia T. – Construção Sustentável Revista Lusófona de Arquitectura e Educação. [Em linha]. (2007) [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://recil.grupolusofona.pt/jspui/handle/10437/393> ISSN 16466756.

OLGYAY, Victor – **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gilli, 1998. 203 p. ISBN 8425214882.

OLIVEIRA, Ernesto V. & GALHANO, Fernando – **Arquitectura Tradicional Portuguesa**. 5ª ed. Lisboa: Dom Quixote, 2003. 374 p. ISBN 9722023977.

OLIVER, Paul – **Built to meet needs: cultural issues in vernacular architecture**. Oxford : Architectural Press, 2006. 445 p. ISBN 0750666579.

PATRICIO, Jorge & SANTOS, António – **Ambiente em Edifícios Urbanos**. Lisboa: LNEC, 2000. 463 p. ISBN 9724918513.

PATRICIO, Jorge – Isolamento Sonoro de Elementos de Compartimentação e Aspectos de Comodidade. In Ambiente em Edifícios Urbanos. Lisboa: LNEC, 2000. 463 p. ISBN 9724918513.

PEDRO, J. Branco – Disposições Arquitectónicas: aplicação a edifícios residenciais. In Ambiente em Edifícios Urbanos. Lisboa: LNEC, 2000.

463 p. ISBN 9724918513.

PEREIRA, Nuno T. – A arquitectura do regime, 1938-1948. In Arquitectura do séc. XX: Portugal. Lisboa: Portugal – Frankfurt 97, Centro Cultural de Belém, 1997. 352 p. ISBN 3791319108.

PEREIRA, Paulo & MORAIS, Liliane – Clima urbano e evolução da temperatura estival em Lisboa no séc. XX: tendência, número de noites quentes e amplitude térmica diária Finisterra. [Em linha]. 42:83 (2007) 109-126. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em http://www.ceg.ul.pt/finisterra/numeros/2007-83/83_07.pdf

PESSOA, Carlos E. R. – Relação dos consumos energéticos dos edifícios de habitação com as emissões do ciclo de produção das soluções construtivas. Universidade do Minho: Departamento de Engenharia Civil, 2009. 244 p. Tese de Mestrado. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9751>

PINHEIRO, Manuel D. – **Ambiente e Construção Sustentável**. Amadora: Instituto do Ambiente, 2006. 240 p. ISBN 972857732X.

PINTO, Armando – Sistemas de Climatização e Ventilação Mecânica. In Ambiente em Edifícios Urbanos. Lisboa: LNEC, 2000. 463 p. ISBN 9724918513.

PINTO, Jorge C. – **Arquitectura Portuguesa: a imagem da caixa**. 1ª ed. Lisboa: ACD Editores/CIAUD, 2007. 223 p. ISBN 9789728855369.

PIZZI, Emilio – **Renzo Piano**. Base ; Boston ; Berlin: Birkhäuser, 2003. 254 p. ISBN 3764361182.

POLLARD, Duncan [et al.] – Relatório Planeta Vivo 2010: Biodiversidade, Biocapacidade e Desenvolvimento 2010 [Em linha]. [Consult. Agosto-

Dezembro 2011]. Disponível em http://www.assets.panda.org/downloads/lpr_2010.pdf

PORTAS, Nuno – A arquitectura da habitação no séc. XX Português. In Arquitectura do séc. XX: Portugal. Lisboa: Portugal – Frankfurt 97, Centro Cultural de Belém, 1997. 352 p. ISBN 3791319108.

RAHM, Philippe – Climatic constructions: Thermal asymmetry in architecture. Harvard Design Magazine. London. ISBN 13:9780816647569. 1:30 (2009) 32-41.

RAMOS, Hermínio D – Balanço Energético em Edifícios: Para uma Política da Energia em Portugal Revista Lusófona de Arquitectura e Educação. [Em linha]. (2007) [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://recil.grupolusofona.pt/jspui/handle/10437/395> ISSN 16466756.

RIBEIRO, Orlando – **Portugal o Mediterrâneo e o Atlântico: esboço de relações geográficas**. 7ª ed. Lisboa: Sá de Costa, 1998. 188 p.

RICHARDS, J. M. – In the International Context. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.architbooks.blogspot.com/2011/04/in-international-context-hassan-fathy.html>

RIVERO, Roberto – **Acondicionamento térmico natural: arquitectura e clima**. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1986.

ROCHETA, Vera & FARINHA, Fátima – Práticas de projecto e construtivas para a construção sustentável. [Em linha]. Congresso de Construção. Coimbra: Coimbra Editora, 2007. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://sapiencia.ualg.pt/handle/10400.1/33>

ROMERO, Marta – **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. 2ª ed. São Paulo: Pro Editores, 2001. 128 p. ISBN 8571650128.

ROSETA, Helena [et al.] – **Arquitectura Popular em Portugal**. 4^a ed. Lisboa: Ordem dos Arquitectos, 2004. ISBN 9729766878.

ROSETA, Helena [et al.] – **IAPXX: Inquérito à arquitectura do séc. XX e Portugal**. Lisboa : Ordem dos Arquitectos, 2006. 290 p. ISBN 9728897146.

ROUSSADO, Francisco - Avaliação dos Impactes Construtivos e Ambientais da Regulamentação Térmica. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2008. 188 p.

RUDOVSKY, Bernard – **Architecture without architects: a short introduction to non-pedigree architecture**. New Mexico: University of New Mexico Press, 1987. 157 p. ISBN 0826310044.

SANTOS, António – A Iluminação Natural. In Ambiente em Edifícios Urbanos. Lisboa: LNEC, 2000. 463 p. ISBN 9724918513.

SANTOS, Ariane; MATTOS, João; ASSIS, Simone - Frequência de dias claros com base no valor de índice de limpidez 2000 [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.cbmet.com/cbm-files/12-f481ff1598392137003a91830d5acc3d.pdf>

SANTOS, Carlos A. P. – Soluções Construtivas e Conforto Térmico. In Ambiente em Edifícios Urbanos. Lisboa: LNEC, 2000. 463 p. ISBN 9724918513.

SERDOURA, Francisco – As dimensões do espaço urbano público. Artitextos. 5 (2007) [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em http://repository.utl.pt/bitstream/...5/.../FAUTL_13_D_FSerdoura.pdf

SCHNEIDER, Tatjana; TILL, Jeremy – **Flexible housing**. Oxford: Architectural Press, 2007. 256 p. ISBN 0750682027.

SCHULER, Matthias & THIERFELDER, Anja – In situ: site specificity in sustainable architecture. Harvard Design Magazine. 1:30 (2009) 50-59.

SERRA, Rafael – **Arquitectura y clima**. [Barcelona]: Gustavo Gilli, 1999. 112 p. ISBN 8425217679

SILVA, Elisa – Luz e Calor: experiências simples para compreender a física do dia-a-dia. Porto: Departamento de Física, 1999. 143 p.

SILVA, J. A. R. Mendes da & RAMOS, Ana Teresa - The applicability of passive solar solutions to Portuguese traditional buildings. Canada: World Congress on Housing, 2003 [Em linha] [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://repositorio.ipcb.pt/handle/10400.11/114>

SILVA, Lucas [et al.] - Análise do albedo e do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) em uma bacia hidrográfica [199-?] [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo1/054.pdf

SILVA, P.Martins da – Acústica em Edifícios. In Ambiente em Edifícios Urbanos. Lisboa: LNEC, 2000. 463 p. ISBN 9724918513.

SIMÕES, Fausto – Queremos casas ou máquinas de habitar? [200-?] [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.construcaomagazine.pt/scid/webCM/defaultCategoryViewOne.asp?categoryID=792>

SMITH, Peter F. - **Architecture in a climate of change: a guide to sustainable design**. 2º ed. Oxford : Architectural Press, 2001. 278 p. ISBN 0750665440.

SHINZATO, Paula – O impacto da vegetação nos microclimas urbanos. São Paulo: Faculdade de Arquitectura e Urbanismo, 2009. 173 p. Tese de Mestrado. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível

em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-26032010-160951/pt-br.php>

TÁVORA, Fernando – Imigração/Emigração. In Arquitectura do séc. XX: Portugal. Lisboa: Portugal – Frankfurt 97, Centro Cultural de Belém, 1997. 352 p. ISBN 3791319108.

TIRONE, Livia, N. – **Construção sustentável: soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã**. 2ª ed. Sintra: Tirone Nunes SA, 2008. 231 p. ISBN 9789892011912.

TOSTÕES, Ana – Modernização e Regionalismo, 1948-1961. In Arquitectura do séc. XX: Portugal. Lisboa: Portugal – Frankfurt 97, Centro Cultural de Belém, 1997. 352 p. ISBN 3791319108.

TOUSSAINT, Michel – **Anuário de Arquitectura 14**. [s.l.]: Caleidoscópio, 2011. 240 p. ISBN 9789896581114.

TRIGUEIROS, Luis – **Fernando Távora**. Lisboa: Ed. Blau, 1993. 216 p.

União Europeia. Comissão. Direcção Geral para a energia – **A Green Vitruvius: princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável**. Lisboa: Ordem dos Arquitectos, 2001. 145 p. ISBN 9729766827.

VIEGAS, João C. – Contribuição da Ventilação para a Qualidade do Ambiente Interior em Edifícios. In Ambiente em Edifícios Urbanos. Lisboa: LNEC, 2000. 463 p. ISBN 9724918513.

VIEIRA, A. Siza – Arquitectura e transformação. In Arquitectura do séc. XX: Portugal. Lisboa: Portugal – Frankfurt 97, Centro Cultural de Belém, 1997. 352 p. ISBN 3791319108.

VITRÚVIO, Marco – **Tratado de arquitectura**. 2ª ed. Lisboa : IST Press, 2006. 454p. ISBN 9728469446.

WINES, James – **Green architecture**. Köln: Taschen, 2000. 240 p. ISBN 3822863033.

YANNAS, Simos – **Solar Energy and Housing Design** London: Architectural Association, 1994. Vol. I. 145 p. ISBN 1870890361.

YANNAS, Simos – **Solar Energy and Housing Design** London: Architectural Association, 1994. Vol. II. 145 p. ISBN 187089037X.

YEANG, Ken - **Proyectar con la naturaleza : bases ecológicas para el proyecto arquitectónico**. Barcelona: Gustavo Gili, 1999. 198 p. ISBN 8425217636.