

[EST]ÉTICA SUSTENTÁVEL

Práticas de uma arquitectura em evolução, o delinear de novas estratégias e táticas projectuais.



Ana Margarida Ferreira Coelho

Dissertação de Mestrado

Departamento de Arquitectura - FCTUC

Sob orientação do Prof. Doutor Vítor Murtinho

Dezembro 2009

[EST]ÉTICA SUSTENTÁVEL

Práticas de uma arquitectura em evolução, o delinear de novas estratégias e tácticas projectuais.

Agradecimentos

Em primeiro, gostaria de agradecer ao Professor Murtinho pela disponibilidade e interesse que sempre demonstrou ao longo da orientação desta tese.

Aos meus pais e irmã, por tudo o que me ensinaram ao longo da vida. Aos meus queridos avós. Aos amigos do darq, em especial à Sofia, Guida, Mini, Vânia, Filipa, Inês, ao Potter, Crisóstomo, Loureiro, Lapa, Cunha, Campos e Pires, pelos longos e bons anos que partilhámos durante o curso. Aos amigos, todos. Ao Stefan, que mesmo estando longe, está perto.

A Forma Justa

Sei que seria possível construir o mundo justo
As cidades poderiam ser claras e lavadas
Pelo canto dos espaços e das fontes
O céu o mar e a terra estão prontos
A saciar a nossa fome do terrestre
A terra onde estamos – se ninguém a traiçoasse – proporia
Cada dia a cada um a liberdade e o reino
Na concha na flor no homem e no fruto
Se nada adoecer a própria forma é justa
E no todo se integra como palavra em verso
Sei que seria possível construir a forma justa
De uma cidade humana que fosse
Fiel à perfeição do universo

Por isso recomeço sem cessar a partir da página em branco
E este é meu ofício de poeta para a reconstrução do mundo

Sumário

0.Introdução	11
CAPÍTULO 1 – Arquitectura [sustentável]	
1.1 Circunstância temporal	19
1.2 Sustentabilidade	25
1.3 Arquitectura sustentável	29
CAPÍTULO 2 – O espaço construído [processo]	39
2.1 O espaço para o uso do homem - [conforto]	41
2.1.0 O clima exterior, o espaço construído, o corpo humano	43
2.1.1 A luz	45
2.1.2 O som	51
2.1.3 Qualidade do ar	53
2.2 A fronteira do espaço - [materialidade]	59
2.2.0 Flexibilidade espacial	61
2.2.1 Energia incorporada	69
2.2.2 Novas materialidades ecológicas	71
2.3 Espaço artificial/espaço natural [natureza]	79
2.4 O espaço como palco de fluxos energéticos [energia]	93
2.4.1 Energia passiva – sistemas de arrefecimento e aquecimento passivos	95
2.4.2 Energia activa – solar, eólica e geotérmica	111
CAPÍTULO 3 – a representação do espaço construído [resultado]	
3. 1 Ética / Estética	133
3.1.1 A imagem natural, cultural e técnica	153
3.1.2 Sistemas incorporados – a pele do edifício	167
4. Conclusão	173
Bibliografia	181
Fontes das imagens	193

O. INTRODUÇÃO

Confirma-se, pelos variados estudos já feitos, que a construção é um dos sectores que maiores exigências faz à Terra. Para que possamos ter um abrigo são consumidos: um sexto de toda a água doce, um quarto de madeira, e dois quintos de combustíveis fósseis.¹ É com base nestes factores que a arquitectura precisa de ser repensada, devendo fazer-se uma reforma ecológica. É sobre esta mudança que se pretende estudar uma arquitectura diferente, mas que não é totalmente nova.

Foi a partir desta compreensão, de necessidade de mudança, que surgiu a vontade de perceber de que maneira se deve desenhar o espaço. Com este objectivo, o trabalho foi-se desenvolvendo. Aumentou a consciência da necessidade de mudança mas também uma inquietação misturada com curiosidade, num campo de que tanto já se tinha ouvido falar mas de que tão pouco se sabia.

Este assunto, pela infinita abrangência, tornou-se difícil de controlar. No entanto sempre existiu a vontade principal de perceber como se definiam as novas estratégias e tácticas no controlo de uma arquitectura virada para o respeito, a harmonia e a verdadeira beleza. Para isso, seria fundamental perceber quais as funções do arquitecto.

¹ WINES, James – *Green architecture*. p.9

[est]ética sustentável

“O arquitecto, pela sua profissão, é por excelência um criador de formas, um organizador do espaço; mas as formas que cria, os espaços que organiza, mantendo relações com a circunstância, criam circunstância e havendo na acção do arquitecto possibilidade de escolher, possibilidade de selecção, há fatalmente drama.”²

É com base nesta definição do arquitecto Fernando Távora que se organiza este trabalho, pois acredita-se que, a melhor maneira de explicar a arquitectura sustentável é encarando-a como arquitectura por si só. Arquitectura que tem como objectivo corresponder às necessidades do homem nesta dada circunstância.

Deste modo, devido à vastidão da matéria em estudo e principalmente à tentativa de a compreender em vários ramos da arquitectura, foi escolhido uma aproximação de estudo que abrange o projecto arquitectónico na sua globalidade interdisciplinar, focando, no entanto, exemplos de maneira a perceber as questões sustentáveis; explorando novos métodos de pensamento e realização arquitectónica para se vincarem hábitos que passem a dominar as decisões em arquitectura. O que se pretende é compreender os sistemas mais comuns que fomentam a sustentabilidade, mas fugindo da exclusividade, da análise prática, da temática da habitação ou do planeamento urbano. Ambiciona-se, portanto, estudar o *espaço construído*.

O trabalho foi-se estruturando à medida que a compreensão do tema se foi ampliando. O principal objectivo tornou-se a compreensão tanto teórica como prática deste tema que se reveste de alguma complexidade. Os muitos e variados sistemas que são usados como exemplo, servem para perceber como a teoria pode funcionar na prática e introduzir validade à característica de diversidade, que deve fazer parte de uma ambicionada arquitectura sustentável criativa.

Formalmente, a tese está organizada em três capítulos. O primeiro funciona como uma introdução ao tema. Principia decifrando a situação temporal, em que é explicada uma sociedade contemporânea que vive num mundo artificial e que se encontra em profunda sonolência perante os riscos efectivos de decadência a que se

² TÁVORA, Fernando – *Da organização do espaço*. p.73.

[est]ética sustentável

encontra exposta. Consequentemente, através deste conteúdo aparece a palavra que se procura também definir – sustentabilidade: como surgiu, como se define, em que medidas práticas a podemos rever e como afecta a disciplina da arquitectura. Observa-se a evolução efectiva de uma arquitectura que surgiu como verde ou eco, após o caos e como consequência da Revolução Industrial, que depois continuou como bioclimática e que hoje conhecemos como arquitectura sustentável.

O segundo capítulo aborda o tema, na tentativa de compreender quais são, efectivamente, os caminhos do processo de trabalho. Os meios para chegar a um fim: sustentável.

Numa primeira abordagem recuperam-se as características para as quais construímos, ou seja, quais os requisitos que impomos para vivermos bem. Uma noção ampla de como precisamos de conforto para que sejamos pessoas felizes no ambiente construído. Qualidades como a temperatura, a luminosidade, o som e a qualidade do ar são as consideradas fundamentais.

Seguidamente referimos a importância da materialização, tanto a nível do material, como elemento singular, como do conjunto que forma o objecto arquitectónico. A escolha, a aplicação e a manutenção podem fazer a diferença e por isso é analisado como se pode construir para que os materiais durem mais e permitam que o espaço em si tenha também maior durabilidade.

Durante o processo de realização e evolução, a arquitectura, afastou-se, cada vez mais, do espaço natural, todavia sente-se a necessidade de voltar à origem e de poder partilhar espaços que incluem natureza. O contacto com a natureza é aprazível pela sua característica de diversidade conferindo satisfação ao ser humano que, apesar da constante procura de respostas tecnológicas é ainda um ser natural.

O tema da energia na arquitectura sustentável tem sido objecto de muitos estudos que delineiam regras que o arquitecto tem de, com criatividade, conseguir “superar”. Aqui é feita uma reaproximação à energia passiva que parece estar um pouco esquecida, e uma abordagem às energias activas e como estas se podem integrar no corpo construído.

No último capítulo faz-se uma referência mais teórica ao tema, não deixando de

[est]ética sustentável

referir sempre exemplos práticos, quando se considera oportuno. Lança-se o temido, mas sempre falado tema da estética e que importância esta deve ter na arquitectura sustentável.

Ética é algo que facilmente associamos ao tema da sustentabilidade, o mesmo não acontece com a estética. Qual é, assim, a estética sustentável? Procura-se, deste modo, encontrar as imagens que reflectem a sustentabilidade: imagem natural, cultural e tecnológica. Todas presentes na arquitectura contemporânea mas que em muito podem ser visualmente díspares. Em última análise, é feita uma abordagem ligeira da função e respectiva inclusão dos sistemas que, obrigatoriamente, fazem parte desta arquitectura, como por exemplo as chaminés de vento ou os painéis fotovoltaicos.

1. ARQUITECTURA [sustentável]

“Não deverá, a arquitectura, continuar a ajudar-nos a encontrar o nosso lugar e caminho num Mundo cada vez mais desorientado?”¹

CIRCUNSTÂNCIA TEMPORAL: A CONTEMPORANEIDADE

Para perceber este tema é necessário compreender a situação que o envolve, percebendo a época em que se insere e as suas características.

O Mundo vive actualmente inundado por *imagens*², pela alta tecnologia, pelo consumismo desenfreado, pela velocidade e pela rápida transformação, que geram uma inquietação e um frenesim que conduzem, na maioria das vezes, ao desprezo, por parte dos homens, dos princípios ou normas com que regem a vida, esquecendo os valores éticos.

1 HARRIES, Karsten – *The ethical function of architecture*. p.4. – “Should architecture not continue to help us find our place and way in an ever more disorienting world?”

2 LEACH, Neil – *A anestésica da arquitectura*. “Na actual sociedade dos *media*, o desenvolvimento das telecomunicações e dos métodos de reprodução visual fazem com que sejamos constantemente inundados por imagens.”p.13.

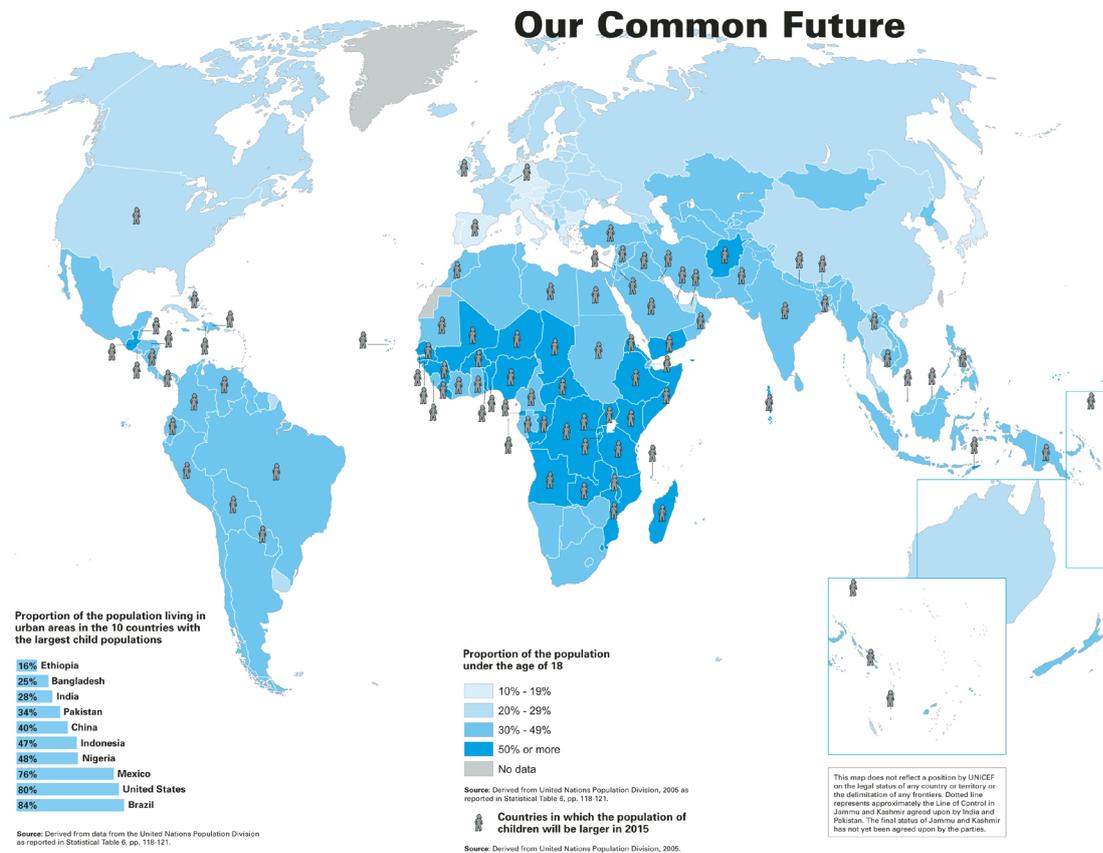


FIG 1: Mapa da ONU com os dados da percentagem de população que vive em zonas urbanas; a percentagem de população menor que 18 anos e os países em que no ano de 2015 a população de crianças vai aumentar.

A disciplina da arquitectura não foge à regra e, de uma maneira geral, encontra-se *doente*³ no meio deste caos. Fraca em termos de valores, associada ao supérfluo e ao *luxo*⁴. A arquitectura retrata o homem e a sociedade, pois “*a forma criada pelo homem é prolongamento dele – com as suas qualidades e com os seus defeitos*”⁵.

A nossa mentalidade consumista, o rápido e acelerado processo de produção e a razoável facilidade em ter acesso a tudo, veio requerer uma maior e mais intensa exploração dos recursos que nos são fornecidos pela Terra. O problema surge quando, para além do aumento do consumo, é previsto, também, um aumento da população mundial, factores que podem causar uma ruptura total.

Por estas e outras razões, vivemos hoje uma crise ecológica que só pode ser revertida se a atitude do Homem se modificar. Esta crise ecológica é o reflexo da mentalidade fútil e despreocupada que fomos tendo desde a revolução Industrial sem demonstrar respeito pela riqueza que nos é fornecida pela natureza.

As consequências estão à vista de todos: o aquecimento global causado pelo aumento do buraco do ozono; a poluição e o efeito de estufa, provocam alterações climáticas que se traduzem nomeadamente em tufões de uma escala devastadora, cheias frequentes e em aumentos de temperatura que se reflectem no degelo dos glaciares, entre muitas outras.

Estamos a destruir o nosso habitat natural e por tudo isto o homem precisa de parar. Parar para pensar, não propriamente na sua posição na Terra, se de inferioridade ou superioridade com o mundo natural, mas, na posição (de risco) em que está a pôr a Terra perante as suas necessidades futuras. Pode parecer um pensamento egoísta ou antropocêntrico, mas é, na realidade, um pensamento factual. O homem necessita da natureza e sem ela não pode sobreviver.

Através da definição de humano pode ser confirmado:

“Homem (humano “de ou pertencente ao homem”, de humanus, provavelmente

3 BONACCORSO, Nadir - Disponível em: http://artecapital.net/arq_des.php?ref=10

4 SANT’ANA, Carlos - *SA54 Zero, Lisboa, 2006 concurso TEKTONICA2006* [Em linha] – “A ambiguidade entre luxo e lixo é explorada de forma crítica. O luxo é desnecessário, e como tal transforma-se em lixo. O lixo é inevitável na nossa sociedade de consumo, tornando-se um luxo quando não o reciclamos ou reutilizamos.”

5 TÁVORA, Fernando – Da organização do espaço. p.73



FIG 2: Mapa da ONU com os dados da percentagem de população que vive em zonas urbanas; a percentagem de população menor que 18 anos e os países em que no ano de 2015 a população de crianças vai aumentar.

relacionado a homo (gen. hominis) “homem”, e a humus “terra”, a noção de “seres da terra”, em oposição aos deuses (cf. Heb. Adam “homem”, de adamah “chão”).⁶

O Homem é, assim, um elemento da Terra, pela sua existência e por nome. Os peritos certificam:

“Os economistas ecológicos acreditam que seria fisicamente impossível para os seres humanos substituir todos os serviços que a natureza fornece, mesmo que quisessem, pois o aumento de valor (e conseqüentemente de custo) dos serviços da natureza aumenta drasticamente à medida que a sua disponibilidade diminui.”⁷

Consideremos a nossa vida e o que nos rodeia. Não vamos abdicar das regalias que nos vieram facilitar e melhorar a qualidade de vida aquando da invenção da máquina. Não vamos voltar atrás, por isso, e para o próprio bem do ser humano é essencial respeitar e pensar na saúde da Terra a partir de uma abordagem diferente da que tem sido aplicada.

Tudo é extraído da natureza, mesmo que alterado pela mão do homem, no entanto existem dois tipos de recursos, os que são renováveis e os que o não são. Neste momento, a maioria dos recursos que exploramos não são renováveis e o seu prazo de duração não se mostra animador. Prevê-se que as reservas de petróleo esgotem em 50 anos, as do gás natural em 70 e as do carvão em 190 anos.⁸

Estas estimativas não são promissoras para o futuro, daí que, mais cedo ou mais tarde a escolha tenha de recair na utilização de recursos renováveis que, se explorados da maneira certa, podem restituir o equilíbrio desejado.

Fruto da condição que criámos, surgiu uma palavra que pretende esclarecer a prioridade máxima em qualquer campo de trabalho. Essa palavra é: sustentabilidade.

6 FEIREISS, Kristin; FEIREISS Lukas, ed. - *Architecture of change: sustainability and humanity in the built environment*.p.11. - “Human (c.1250, from M.Fr. humain “of or belonging to man,” from L. humanus, probably related to homo (gen. hominis) “man,” and to humus “earth”, on notion of “earthly beings,” as opposed to the gods (cf. Heb. Adam “man,” from adamah “ground”).

7 SASSI, Paola - *Strategies for sustainable architecture*. p.14. – “Ecological economists believe that it would be physically impossible for humans to replace all the services nature provides, even if they wanted to, as the rise in value (and therefore cost) of nature’s services rises sharply as their availability decreases.”

8 LIPTÁK, Béla - *Post-oil energy technology: the world’s first solar-hydrogen demonstration power plant*.p.29.

[est]ética sustentável

*“A cada dez anos, os arquitectos estão sob o ataque de uma palavra mágica. Muitos sucumbem à sua magia, mas ninguém está totalmente livre dos seus efeitos sobre a sua maneira de trabalhar. Mesmo com as últimas notas da música de edifícios “inteligentes” que ainda pode ser ouvido, a “sustentabilidade” como a quintessência da arquitectura começou a varrer através da linguagem quotidiana.”*⁹

Vivemos num período em que a palavra sustentabilidade está na moda mas nem por isso é completamente entendida. Mas afinal, o que é sustentabilidade? Segundo o relatório de Brundtland (1987), desenvolvimento sustentável consiste em: *“suprir as necessidades da geração presente sem afectar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas”*.¹⁰ Esta definição é demasiado abrangente para ser percebida na prática, na opinião de António Giménez, *“a sustentabilidade é simplesmente um paradigma e como tal não tem uma definição absoluta. E quanto à arquitectura sustentável, poderá dizer-se simplesmente que estamos no caminho para a sustentabilidade”*.¹¹

Como padrão, a sustentabilidade deve ser compreendida dentro dos seus campos fundamentais: o social, ambiental e económico. Todos estes devem ser considerados no mesmo nível de interesse e apesar de ser bastante complexo satisfazê-los a todos, nenhum pode ser diferenciado em termos de importância, ou seja, campo social e económico devem estar em pé de igualdade com o campo ambiental, apesar de

9 ÁBALOS, Iñaki – *Natural metaphor: architectural papers III*. p.161. - “Every ten years or so, architects come under the attack of a magical Word. Many succumb to its spell, but nobody is entirely free of its effects on their way of working. Even as the last notes of the song of “intelligent” buildings can still be heard, so “sustainability” as the quintessence of architecture has begun to sweep through everyday language.”

10 NGO Committee on Education - *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future* [Em linha] <http://www.un-documents.net> – “Sustainable development seeks to meet the needs and aspirations of the present without compromising the ability to meet those of the future.”

11 GIMENÉZ, António; MONZONIS, Conchi - *Arquitectura sostenible vol.5*. p.10. – “la sostenibilidad es simplemente un paradigma y como tal no tiene una definición absoluta. Y en cuanto a la arquitectura sostenible, podría decirse simplemente que estamos recorriendo un camino hacia la sostenibilidad”.

[est]ética sustentável

muitos julgarem que a deterioração do ambiente afecta em grande parte o sector social e económico, prejudicando o bem-estar geral da população global.

Uma sociedade futura exige uma acção ecologicamente responsável, economicamente viável, socialmente justa e culturalmente aceite. Para isto ser uma realidade, os conceitos de progresso e qualidade de vida precisam urgentemente de ser redefinidos: a nossa sociedade necessita de uma reinvenção, dando prioridade à não materialização e privilegiando as preocupações sociais e naturais, fundamentais nesta transformação.

Apesar da palavra sustentabilidade ser relativamente recente, parte das suas raízes são bastante antigas relacionadas com a ecologia, os “verdes” e o meio ambiente. Data de 1968, a formação do Clube de Roma, que consiste na reunião e debate de um conjunto de países que pretendem compreender temas globais como o meio ambiente, a economia e a política. Foi esta organização que uns anos mais tarde, juntou alguns profissionais para comporem a obra “*Limits of Growth*” que chama a atenção para o rápido crescimento populacional e a consequente escassez de recursos naturais, a agricultura, a produção industrial e a poluição. Nesta obra é defendido que o desenvolvimento económico deve ser ajustado à protecção do meio ambiente para que ambos se possam expandir em harmonia.

Anos mais tarde, em 1983, um relatório intitulado de “*O nosso futuro comum*” é lançado pela Comissão Brundtland¹², formalmente chamada de Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento onde se procura alterar as políticas necessárias para alcançar um desenvolvimento sustentável. Após a composição deste relatório, surgiu a definição de sustentabilidade, mas só muito tardiamente começou a entrar efectivamente no domínio público.

Seguiram-se convenções e, em 1992, uma conferência internacional das Nações Unidas, a “Rio Summit”, decidiu pôr em prática as teorias descritas no relatório anterior. A partir deste encontro, foram definidas metodologias e metas de progresso nesta área incluídas na chamada Agenda 21. Este relatório consiste num documento em que cada país se propõe, de variadas maneiras, a contribuir para o desenvolvimento sócio-

12 Brundtland devido ao nome dado pelo seu presidente da altura, o primeiro-ministro Norueguês, Gro Harlem Brundtland.

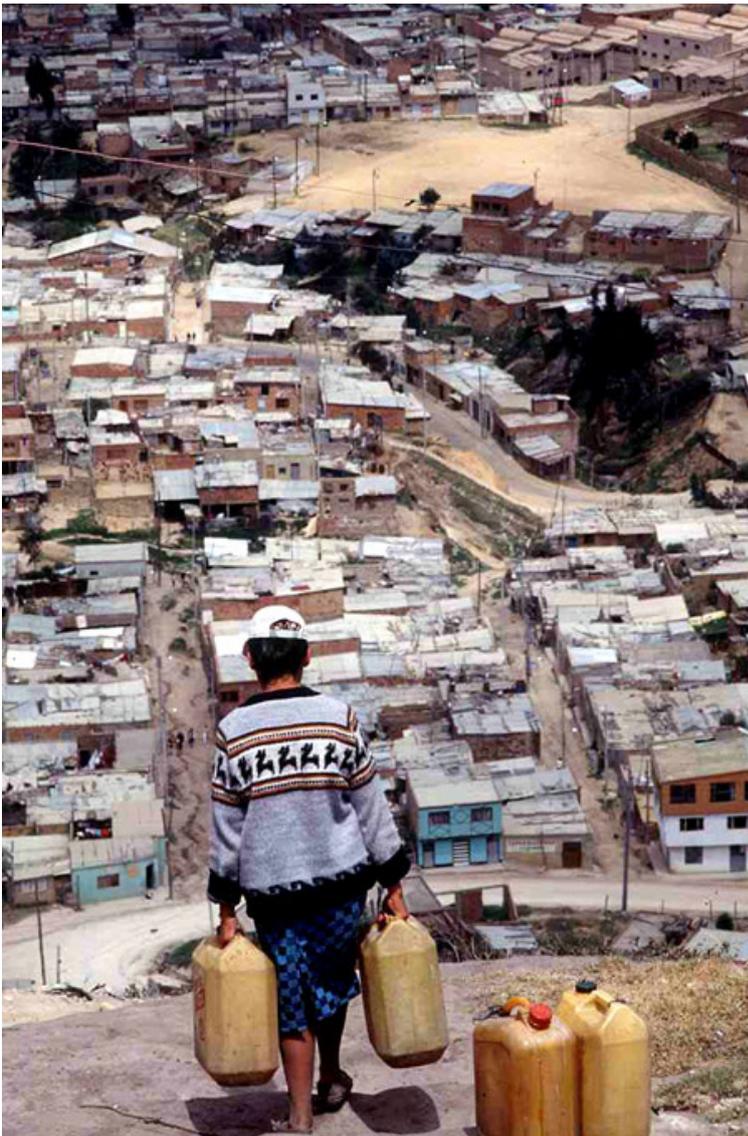


FIG 3: Fotos de Nadir Bonaccorso no artigo: (in) sustentável.

ambiental. Assim, localmente, cada entidade tenta combater factores como a pobreza, o desenfreado crescimento populacional, a melhoria nos cuidados com a saúde, a alteração de hábitos de consumo, entre outros.

Depois deste passo, que finalmente põe em prática a teoria, é acordado, pela grande maioria das autoridades Mundiais, assinar o protocolo de Kyoto (1996) que consiste na redução dos níveis de efeito de estufa entre 2008 e 2012 para os de 1990, ou seja, uma redução das emissões de gases poluentes para a atmosfera, como o CO₂, e por isso dar prioridade a acções como a redução no consumo de energia e a substituição de energias fósseis para energias renováveis.

Sendo a construção responsável por uma grande parte da libertação de CO₂ na atmosfera e uma elevada taxa de utilização energética, é essencial que o arquitecto tenha consciência e adapte as práticas projectuais às novas exigências. Aparece, desta maneira, uma nova maneira de pensar a arquitectura.

ARQUITECTURA SUSTENTÁVEL

Assim como a disciplina da arquitectura, também a sustentabilidade é uma doutrina complexa e por vezes contraditória devido à sua vasta abrangência, o que dificulta a sua aplicação na prática.

Já são conhecidas muitas obras e projectos que se intitulam de sustentáveis, e praticamente todos os intervenientes na construção de edifícios já ouviram falar desta palavra, no entanto muitas dúvidas permanecem. Formulamos as questões: quais são as qualidades que uma construção necessita de possuir para ser considerada sustentável? Existe uma escala de definição de valor sustentável em cada edifício, infra-estrutura ou planeamento urbano?

Não é algo que se possa medir ou calcular pois, para além dos factores práticos, como a poupança de energia, o cuidado na escolha de materiais e a aplicação de sistemas que permitem recorrer a energias renováveis – que podem definir apenas uma escala de certificação energética, – os restantes factores, que estão associados às necessidades

[est]ética sustentável

psicológicas e sociais do homem, são impossíveis de padronizar.

Pela sua vasta abrangência, a sustentabilidade está associada a um sem número de outras, mais pequenas abordagens, como: eficiência energética em arquitectura, arquitectura solar, arquitectura passiva, arquitectura bioclimática, arquitectura ecológica, arquitectura verde; que ajudam no caminho do futuro que se pretende sustentável.

Se a disciplina da arquitectura for analisada ao longo da história, desde o seu início, o conceito fundamental consiste em responder às necessidades de conforto e bem-estar dos seus utilizadores. Boa arquitectura era a adequada ao seu contexto ambiental local e que conseguia proteger o homem das adversidades do clima e de perigos exteriores, tornando-se fundamental criar um ambiente artificial que separa o homem do ambiente natural mas que procura usufruir das mais valias da natureza, entre as quais o sol. Recuando ao século I d.C, constatamos que Vitruvius já recomendava que, no planeamento de edifícios, o arquitecto deveria adequar o espaço construído tendo em atenção o clima da região em que se insere.

“Estes (os edifícios) ficarão correctamente dispostos desde o início se tiver presente em que zonas e em que latitude são construídos. Parece com efeito, que convém levantar as 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 das regiões, porque numa Terra se encontra sob a pressão do curso do Sol, noutra se afasta dele, e fica temperada no meio.”¹³

Este arquitecto ressalta a importância do conhecimento do local, tendo em conta as suas qualidades climatéricas e recursos locais. Para Vitruvius, o conforto e o clima formavam parte do modelo tripartido de *“firmitas, venustas e utilitas”*, onde a arquitectura desempenhava um papel fundamental na criação de edifícios que aproveitam os recursos da natureza (o sol e o vento) em vez de os excluir.

A arquitectura popular sempre foi, portanto, baseada numa construção que utiliza materiais provenientes do local, sendo que na sua construção também são aproveitadas

¹³ VITRUVIO – *Tratado de arquitectura*. p. 221

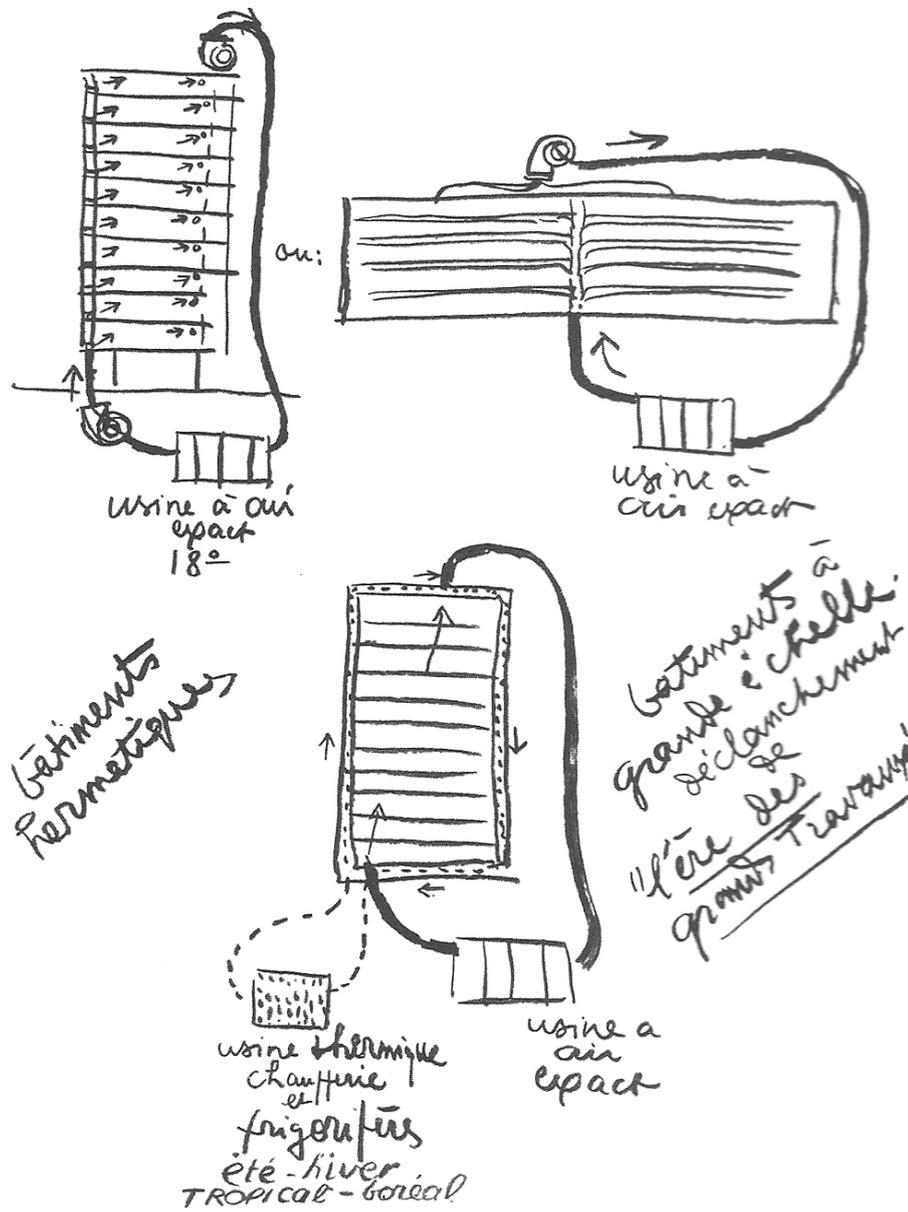


FIG 4: Em cima à esquerda: desenho pisos, corte transversal.

Em cima à direita: os mesmos em corte longitudinal.

Em baixo: vazio que rodeia a casa sob pilotis, nas fachadas e no tecto-terraço.

fontes de energia locais e em muitos casos renováveis e normalmente são aplicadas práticas construtivas que fomentam a reciclagem e o respeito pela natureza. Estas construções arcaicas são desenhadas e erguidas em função das fontes da natureza que, dependendo das características locais climatéricas, as captam ou resguardam. O arquitecto desenha, portanto, em função do local e do respectivo clima.

“Cada país constrói as suas casas em função do seu clima.

Neste momento em que ocorre uma interpenetração geral e técnicas científicas internacionais, proponho: uma única casa para todos os países e todos os climas, uma casa que ofereça a respiração exacta.”¹⁴

Le Corbusier pretende utilizar o ar condicionado como ferramenta de controlo da temperatura e do ar dentro dos espaços construídos, as “*paredes neutralizantes*” impedem o ar de sair ou entrar, e o circuito de ar é feito através de caldeiras e frigoríficos, em que a regulação do ar se faz a “*18 graus de ar puro e exacto*”. “*A casa é hermética! De agora em diante, nem o menor grão de poeira penetrará nela, nem as moscas e pernilongos. Nenhum ruído!*”¹⁵

Esta parece uma atitude de completa separação do homem com a natureza, na tentativa de conseguir controlar o espaço, tornando-o monótono e sem diversidade.

A atitude de Le Corbusier perante as novas tecnologias da época é aqui compreendida como uma resposta aos problemas de aquecimento e arrefecimento dos edifícios, no entanto é hoje uma opção fora de questão; é prejudicial em vários níveis de intervenção, tanto à escala de saúde e conforto do próprio utilizador, como do elevado consumo de energia, dados que serão justificados mais à frente no trabalho.

Apesar da ambição de isolar o edifício do envolvente de Corbusier (1929) e com o conhecimento inerente da aplicação do ar condicionado no mercado (inventado em 1902), em 1932 foi realizada uma exposição em Berlim de tema: “*Sol, ar e uma casa para todos*” cujo mote incita à inclusão de ar e luz natural dentro do espaço construído.

A proposta do arquitecto Martin Wagner ambiciona desenvolver um protótipo

14 LE CORBUSIER – *Precisões: sobre um estado presente da arquitectura e do urbanismo*. p.74.

15 LE CORBUSIER – *Precisões: sobre um estado presente da arquitectura e do urbanismo*. p.74.



FIG 5: “Das Wachsende Haus”, protótipo de Martin Wagner, (1932)

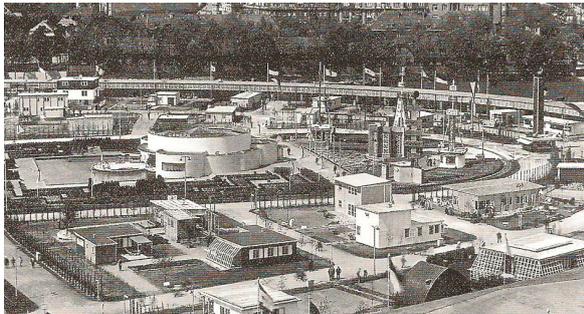


FIG 6: Exposição em Berlim: “Sol, ar e uma casa para todos”, (1932)

que procura captar energia de forma passiva, através de paredes em vidro inclinadas e de jardins de Inverno.

Um conceito mais recente (1960), considerado como uma evolução da arquitectura popular denomina-se de: arquitectura bioclimática. O desenho bioclimático pretende privilegiar a relação entre o clima e as características ambientais na arquitectura. Hoje, este termo é muitas vezes substituído pelo de arquitectura sustentável, natural, ou ecológica.

*“A arquitectura bioclimática representa o emprego e uso de materiais e substâncias com critérios de sustentabilidade, ou seja, sem por em risco o seu uso por gerações futuras, representa o conceito de uma gestão optimizada energeticamente dos edifícios de alta tecnologia, mediante a captação, acumulação e distribuição de energias renováveis passiva ou activamente, e a integração paisagística e o emprego de materiais autóctones e são, dos critérios ecológicos e da eco-construção.”*¹⁶

A arquitectura sustentável é uma actividade que resulta da evolução da arquitectura e principalmente da necessidade recente da protecção do ambiente, e aparece como uma resposta, por parte da construção, devido às preocupações contemporâneas sobre os efeitos nocivos da acção humana no planeamento e construção dos espaços no meio ambiente.

O nosso Planeta foi criado como um ciclo de perfeito funcionamento, de maneira a que as plantas consumissem CO₂, enquanto os animais o geravam, como refere Lavoisier *“nada se perde, tudo se transforma”*. A concentração de CO₂ reflecte o balanço entre a vida animal e vegetal, mas durante os últimos séculos, este balanço tem vindo a ser perturbado não só pela crescente população e desflorestação mas também pela mudança dos estilos de vida que resultaram num aumento do consumo de energia,

16 NEILA GONZÁLEZ, F. Javier - *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*.p.11. – “ La arquitectura bioclimática representa el empleo y uso de materiales y sustancias con criterios de sostenibilidad, es decir, sin poner en riesgo su uso por generaciones futuras, representa el concepto de gestión energética óptima de los edificios de alta tecnología, mediante la captación, acumulación y distribución de energías renovables pasiva o activamente, y la integración paisajística y empleo de materiales autóctonos y sanos, de los criterios ecológicos y de ecoconstrucción.”

[est]ética sustentável

pondo em causa o equilíbrio dos ecossistemas¹⁷.

Ao longo das últimas décadas temos vindo a alterar os ecossistemas das regiões onde vivemos. Quando é construído um edifício ou qualquer infra-estrutura, todo o ecossistema sofre alterações, desde o mais pequeno insecto até às correntes de ar e exposição do sol. Quando estas alterações implicam a extracção de recursos, ou a geração de dejectos numa escala que o ecossistema não consegue reproduzir ou reciclar, estamos perante a depredação e poluição. Os ecossistemas permitem, assim, uma certa quantidade de carga de uma espécie, mas o problema existe quando a população e as suas necessidades crescem demais, quebrando o equilíbrio do sistema.

17 “Ecossistema – sistema que inclui os seres vivos e o ambiente, com as suas características físico-químicas e as inter-relações entre ambos.”



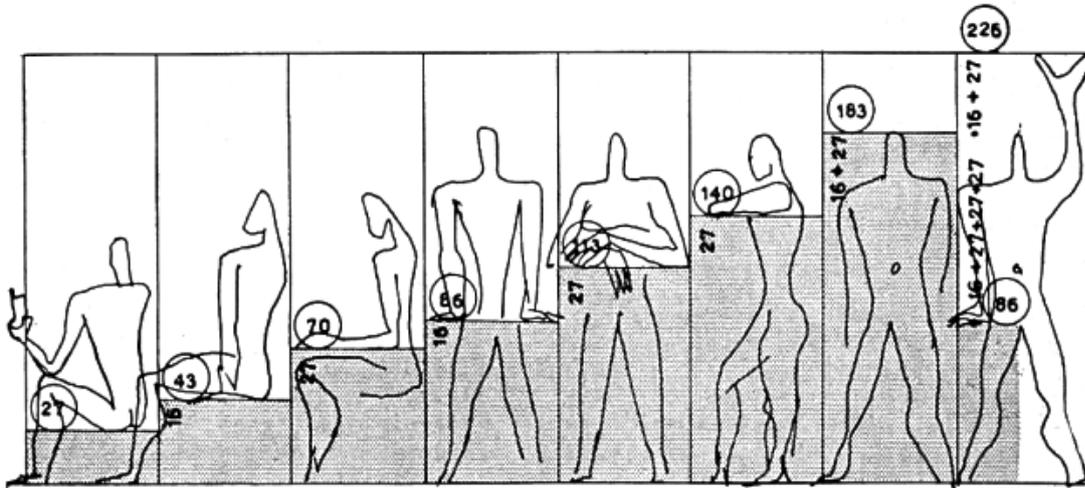
FIG. 7: Imagem de uma companhia Britânica de design e produção de multimédia interactiva online. Cogapp (Cognitive Applications)

2. O ESPAÇO CONSTRUÍDO [processo]

Na prática da arquitectura, são vastos e difíceis de conjugar todos os requisitos fundamentais, principalmente quando se ambiciona responder às determinadas exigências locais, como o conhecimento da geomorfologia, da geologia, da hidrologia e topografia que controlam as drenagens de águas. Questões que determinam o posicionamento do objecto arquitectónico como a latitude e altitude que definem o movimento solar e a temperatura. A distância do lugar à costa que permite estabelecer os níveis de humidade e seca, a quantidade de precipitação e neve; o clima, a qualidade dos solos que determina a fauna, que por sua vez estabelece a flora. E ainda a quantidade de água disponível, como gerir a fabricação de resíduos, onde ir buscar os materiais, e qual o seu impacto de produção e montagem. A estrutura que ajuda a definir a qualidade do espaço e a procura de conforto através de aquecimento, refrigeração e ventilação natural. Ponderar as exigências culturais locais e as aspirações do utilizador.¹

Desta maneira, a arquitectura verde procura encontrar respostas e não criar imposições.

¹ MURCUTT, Glenn. “Log”.nº8 p.38.



DER MENSCH
DAS MASS ALLER DINGE

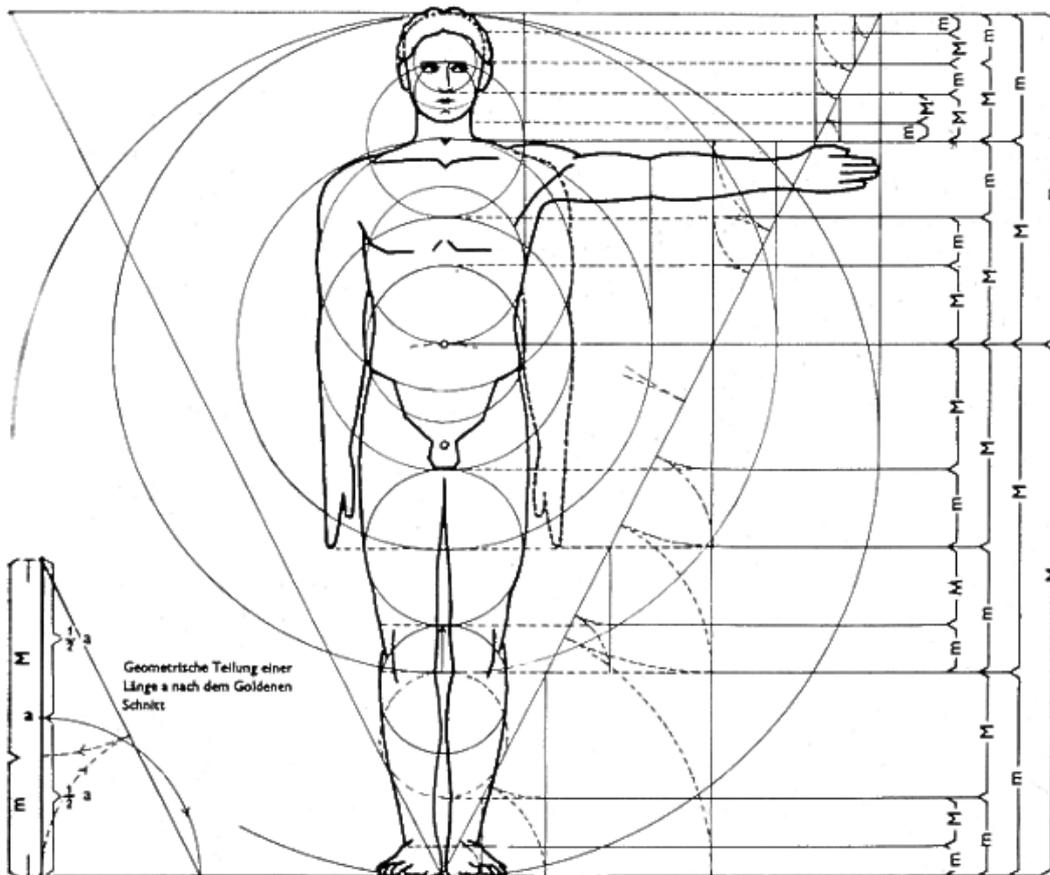


FIG. 8: Em cima: Catálogo de medidas de Le Corbusier 1948. Em baixo: As proporções do corpo humano, Neufert 1943.

2.1 O ESPAÇO PARA USO DO HOMEM [CONFORTO]

“ (...) o Homem foi desde sempre a sua unidade de medida, essencialmente através das dimensões dos seus membros. Por ser contentor de vida, de consciência e de acção, e porque acumula a dupla função de sujeito e objecto, procuramos na figura do Homem um modelo capaz de responder os anseios, valores e necessidades culturais, sociais e individuais.”²

O homem compõe o espaço à sua medida e conforme as suas necessidades, culturais, sociais e individuais. Estas são as orientações para a criação arquitectónica: a relação do homem com o espaço em que vive é a base primordial da disciplina da arquitectura. A aproximação sustentável pretende focar esta relação na procura dos níveis de conforto³ que precisam de ser alcançados seja em espaços públicos ou privados.

Seguidamente será feita uma abordagem focada na experimentação sensorial do espaço construído que afecta em grande parte a nossa percepção da arquitectura. A determinação de conforto depende em grande maioria dos nossos sentidos, que se traduz em aspectos como a qualidade térmica, visual, acústica e a odores. De uma forma mais abrangente, *“conforto é afectado por: temperatura, humidade, a movimentação do ar, qualidade do ar, luz, ruído, cultura, hábito, preferência pessoal, da habilidade de controlar o ambiente, da roupa e das actividades.”⁴*

2 RAHIM, Shakil - JA – Standard, nº230 p.3

3 Conforto – s.m. estado de quem é ou se sente confortado; sensação de prazer, de plenitude, de bem-estar espiritual; bem-estar material, comodidade física satisfeita.

4 SASSI, Paola - *Strategies for sustainable architecture*. p.100 – *“comfort is affected by: temperature, humidity, air*



FIG. 9: Capa do livro: “Building Happiness: Architecture to make you smile”, editado por Jane Wernick. Este livro procura perceber como o desenho do espaço construído pode influenciar a nossa felicidade, partindo para uma discussão que incute os profissionais relacionados com a construção a dar prioridade á felicidade do utilizador. O conforto, como factor de prazer é um dos principais objectivos de uma arquitectura feliz.

O clima exterior, o espaço construído e o corpo humano

Apesar de já ser possível, hoje em dia, calcular os valores “ideais” de conforto térmico, através de códigos e standards usados por todo o Mundo, obtidos por análises científicas a partir da investigação da fisiologia humana, estas estimativas não podem ser consideradas únicas e completamente verdadeiras pois as condições de conforto mudam, tendo em conta diversas características. Variam consoante o país, a cultura, a pessoa, as suas características físicas e a sua educação⁵. Como as necessidades se alteram de pessoa para pessoa, o desafio torna-se ainda maior no planeamento do espaço pois, na sua esmagadora maioria, os espaços são desenhados para mais do que um utilizador.

Como podemos, então, responder às necessidades de conforto das pessoas tendo em conta que estas variam tanto?

Os factores que influenciam directamente o conforto térmico do espaço são: o clima exterior, o espaço construído e o corpo humano⁶. De todos, o único factor que é relativamente constante é a temperatura do nosso corpo que depende do vestuário e da temperatura da pele. Quanto ao espaço construído, varia em termos de humidade, temperatura relativa e velocidade do ar e as condições climatéricas exteriores do local oscilam com a quantidade de sol e as correntes de ar.

Acredita-se que, para além destes factores práticos, a resposta está em tentar perceber como cada cultura e sociedade reage a determinados padrões de conforto e como essas reacções se alteram durante o passar do tempo. Humphreys⁷ confirma esta teoria defendendo que se um espaço for controlado a uma certa temperatura, as pessoas vão vestir-se consoante se sentirem confortáveis, logicamente, quando muitos edifícios são ajustados para ter aquela temperatura isso torna-se a norma da sociedade do determinado período de tempo, enquanto que um edifício regulado de maneira

movement, air quality, lighting, noise, culture, habit, personal preference, the ability to control the environment, clothing and activities.”

5 Ramalho, Luís - *A green vitruvius: princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*, p.26

6 Ramalho, Luís - *A green vitruvius: princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*, p.26

7 Autor do livro – *Field studies of thermal comfort compared and applied*.



FIG. 10: Distrito urbano em Shenzhen, China.

diferente provavelmente causará desconforto.⁸

As condições de conforto encontram-se, assim, definidas consoante hábitos locais, geracionais e sociais. No entanto, e apesar de não ser igual a noção de conforto térmico de cada pessoa a partir dos padrões definidos pela indicação da temperatura do ar, do seu movimento e do nível relativo de humidade em que a maioria das pessoas se sente confortável, é possível projectar um espaço aprazível, que pode ser moldado através da permissão de entrada de calor e regulação da ventilação. Assim, a melhor resolução consiste não na procura de uma única solução térmica constante mas em criar um ambiente que proporcione estímulos diferentes e a capacidade de desenhar em prol de diversas possibilidades.

Uma outra condição que pode alterar os níveis de conforto e que só pode ser considerado em casos específicos é a existência de equipamento que expõe calor, como computadores, electrodomésticos, ou maquinaria semelhante. No caso de edifícios como escritórios, em que o número de equipamento é significativo, esta questão deve ser equacionada, pois é sabido que, se um utilizador estiver pouco confortável, a sua prestação será reduzida, o que levará a uma falta de produtividade e criatividade.

A luz

“Convém preocuparmo-nos com que todos os edifícios sejam banhados pela luz.”⁹

A definição das condições visuais de conforto abrange um conjunto de características mais complexas pois os nossos olhos estão habituados a adaptar-se à quantidade de luz existente. Normalmente, o conforto visual depende da quantidade, da distribuição e da qualidade de luz disponível e também da quantidade de brilho que sentimos em determinado espaço. Contudo, o factor com maior relevância global

⁸ Humphreys em - *Environmental diversity in architecture*. p.26.

⁹ VITRÚVIO - *Tratado de arquitectura*. p.235.

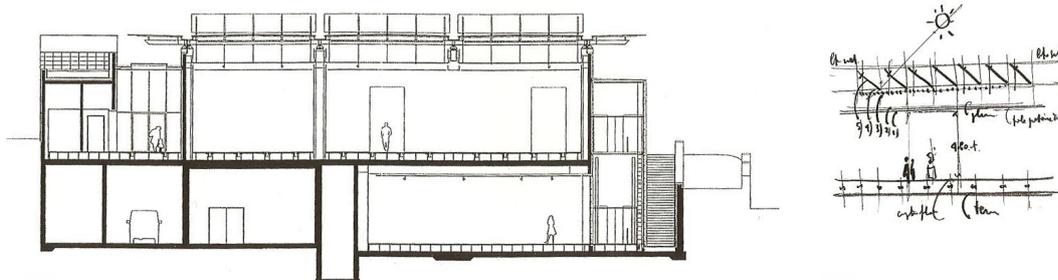
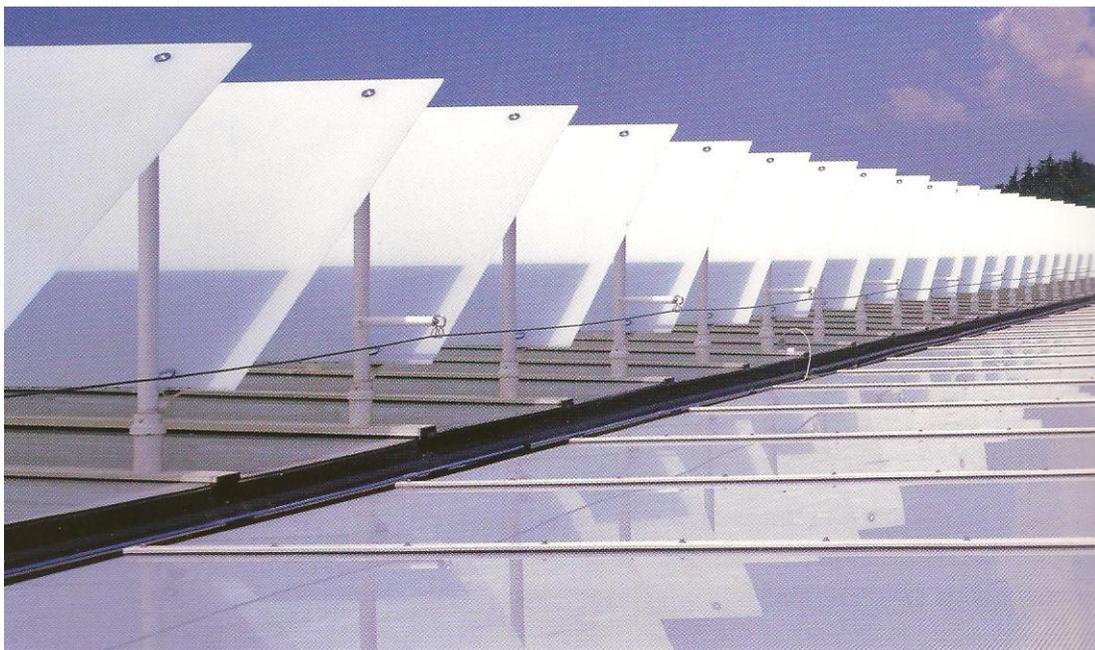


FIG. 11: Museu de arte em Riehen. De cima para baixo, da esquerda para a direita: Fachada sul. Vista das *brises-soleil*, borda do telhado e calha. Corte transversal. Esquisso de Renzo Piano para o sistema de luz natural, 1993.

consiste na recepção de luz natural pois, ao entrar pelos panos de vidro, traz um bem-estar considerável que qualquer outro tipo de iluminação artificial jamais pode substituir. Para além de servir para a iluminação do espaço, ajuda na estimulação tanto física como psicológica e em termos económicos e ecológicos, a boa exploração da luz que nos é fornecida pelo sol pode significar uma elevada poupança energética.

Quanto ao conforto visual de percepção do exterior, é sabido que as pessoas se sentem mais confortáveis se puderem apreciar uma vista agradável, de preferência relacionada com a natureza e que permita ver o céu.

As janelas são o elemento de fronteira entre o exterior e o interior que permite a entrada de luz e, se bem colocadas e dimensionadas (um exagero da área envidraçada pode ser muito prejudicial) podem solucionar, em parte, a falta de iluminação. Na existência de obstruções externas, como árvores ou edifícios vizinhos, a profundidade do espaço deve ser reduzido ou ajustado (quando possível) com aberturas zenitais ou luminoductos que podem chegar a uma maior e mais extensa distribuição de luz mas que, no entanto, também possibilitam excesso de calor que pode causar sobreaquecimento.

O museu de arte do arquitecto Renzo Piano em Riehen é um caso de sucesso do ajuste de tecnologia à luz natural. Do telhado, sobressai um conjunto de placas (*brises-soleil*), de vidro posicionadas obliquamente para proteger e filtrar a luz solar. Para esse efeito os painéis foram revestidos de esmalte branco na sua parte inferior. O telhado é composto também por vidro, permitindo assim, a luz difusa entrar.

A arquitectura trabalha a luz reconhecendo que ela é um elemento que consegue alterar a intensidade do espaço, provocando diferentes emoções no seu utilizador, por isso os seus mestres trabalharam-na sempre de maneira a controlar os efeitos nos espaços interiores. Para além de serem transparentes, permitindo a entrada de luz, os vãos são fundamentais por inúmeros aspectos.

“As janelas fazem um número incrível de coisas. Admitem luz e calor; fornecem ar fresco e uma vista; proporcionam uma tentativa de conexão física e visual com o exterior; isolam

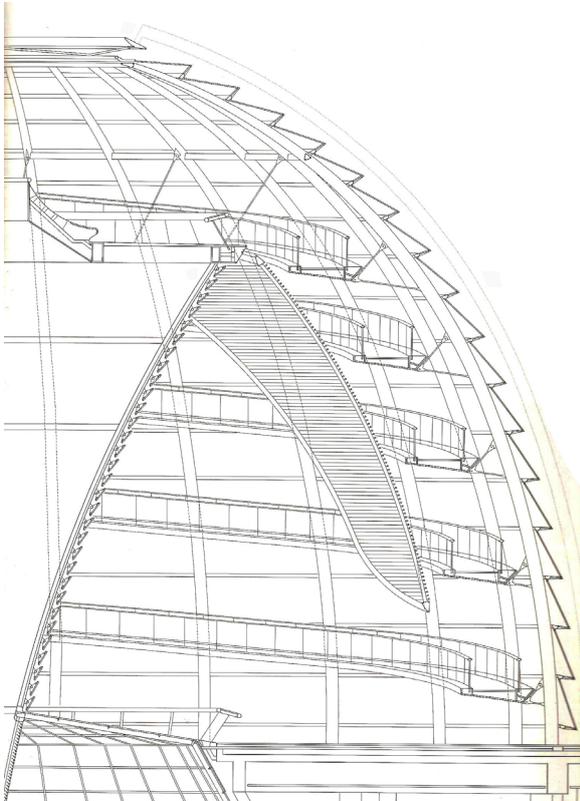


FIG. 12: Reconversão do edifício do Reichstag Alemão. Vista de dentro da cúpula . Corte construtivo da estrutura de espelhos e estrutura de sombreamento.

o interior do clima; oferecem privacidade visual; e espelham o nosso mundo.”¹⁰

A partir da revolução industrial foi possível usar uma estrutura de ferro que eliminou as paredes e permitiu a utilização de grandes superfícies de vidro. A utilização de grandes janelas passou a ser utilizada na arquitectura moderna e, apesar dos seus conhecidos benefícios, trouxe alguns problemas à climatização da construção. A superfície do vidro é fria no Inverno, contribuindo para o arrefecimento do ar interior e provocando um aquecimento no verão devido não só à absorção de calor mas também ao calor produzido pelo próprio material. Por isso, as janelas, quando mal aplicadas, podem ser a principal ponte térmica.

A arquitectura só pode ser percebida através da luz, o que torna o uso e manuseamento deste elemento fundamental na concepção projectual. Tanto a luz artificial como natural podem ser manipuladas por via do desenho, no entanto é a luz natural aquela que varia de uma maneira imprevisível, provocando um maior interesse pelo ser humano. Esta pode entrar no espaço perfurando a sua pele, transparente (em forma de luz) ou opaca (em forma de calor), mas, assim como a sua entrada é desejada, também por vezes, não o é, o que obriga a introdução de sistemas de protecção solar que ajudam na prevenção de sobreaquecimento e na desejada regulação consoante as diferentes mudanças de clima e de incidência solar.

Existem também formas de transmissão da luz natural através de sistemas de difusão. Uma resposta criativa ao desafio de introduzir luz natural dentro de uma sala interior – a do parlamento alemão – é um exemplo deste tipo de aproveitamento. Neste caso é incorporada uma estrutura de aço leve em forma de cone invertido com 360 espelhos¹¹ que reflectem a luz para dentro do parlamento. O projecto do arquitecto Norman Foster inclui este cone no meio da cúpula que hoje é conhecido como um marco e um ponto turístico da cidade de Berlim. Para a prevenção do encadeamento também é colocada uma estrutura que funciona como escudo solar para criar sombra, esta vai-se movendo conforme o movimento e incidência solar.

10 JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p. 53. - “Operable windows do an amazing number of things. They admit light and heat; supply fresh air and a view; provide a tantalizing physical and visual connection to the outdoors; insulate interiors from the weather; offer visual privacy; and mirror our world.”

11 JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.53.

[est]ética sustentável

O som

As condições acústicas e de odores são as mais difíceis de definir. No caso acústico é complexo discutir os seus parâmetros de conforto pois este é demasiado subjectivo, variando de preferência pessoal. Em certas condições, o silêncio pode ser considerado desconfortável assim como o barulho, tornando pertinente um estudo personalizado do futuro utilizador do espaço.

É sabido que o som pode influenciar a maneira de agirmos dentro de um espaço. Dentro de um centro comercial podemos ter música de fundo que, dependendo do ritmo e volume, nos “obriga” a circular com uma determinada velocidade. Este som de fundo pode ser também testemunhado por sistemas de queda de água que ajudam a encobrir barulhos que se consideram desconfortáveis e produzem, no utilizador, uma afinidade com o local, transmitindo um sentimento de harmonia e segurança. O som pode ser também usado para criar espaço e privacidade com instrumentos como *ipods* ou *mp3* que ajudam o sujeito a refugiar-se do barulho ou do silêncio.

O espaço construído pode ser desenhado de modo a proteger ou transmitir o som. Na maioria dos edifícios de escritórios, as divisões de espaços de trabalho são feitas por pequenas estruturas que não permitem um isolamento acústico. Assim, a instalação de um som de fundo torna-se crucial para que o barulho provocado por cada telefonema ou conversa particular não seja perturbador, neste caso a transmissão de som é preferível a um sistema de isolamento. Contudo, na divisão entre pisos, é indispensável a colocação de pavimentos flutuantes de insonorização para resguardar os vizinhos de sons indesejados.

Cada espaço repercute uma certa quantidade de som e este pode ser controlado com alterações, onde necessário. Muitas das vezes espaços com ecos são considerados inquietantes o que pode ser ajustado com a aplicação de um material absorvente na parede ou na ocupação do espaço com mobiliário. Nem sempre a aplicação de elevadas quantidades de isolamento acústico se torna a resposta certa, devendo-se permitir um ambiente pouco estéril e mais diverso para que se torne também mais satisfatório.

[est]ética sustentável

A qualidade do ar

*“Paredes de pedra e mármore são duplamente frias e húmidas: a sua frieza comprime o ar e transforma-o em humidade. Tufa e tijolo, são mais convenientes, sendo completamente secos.”*¹²

O conforto em relação a odores depende da qualidade do ar e é por isso também difícil de quantificar. Se num espaço interior é sentido mau cheiro, o conforto é reduzido, o que significa que a qualidade do ar poderia ser melhor.

Por um lado, a humidade, provocada por infiltrações e condensações, pode ser uma das causas desse mau estar olfactivo devido aos fungos. Por outro, o revestimento que se emprega, por vezes tintas, vernizes ou o próprio revestimento da parede contém agentes prejudiciais que podem provocar mau cheiro e serem nocivos para a saúde, pois contaminam o ar que, em certas ocasiões, é muito difícil ser limpo e pode, conseqüentemente, ajudar ao aumento do nível de humidade. No caso de espaços que estão em constante libertação de vapores, é importante o uso de materiais que possuam qualidades de higroscopia¹³, isto é, materiais que consigam suportar a humidade.

*“As paredes internas precisam de respirar, senão a condensação é quase inevitável.”*¹⁴

Para que a qualidade do ar seja boa, torna-se essencial a existência de um bom fluxo de correntes de ar que permita uma constante renovação do ar.

A ventilação natural, (processo que permite a renovação de ar pela energia do próprio ambiente) varia consoante a velocidade e direcção do vento e as diferenças de temperatura.¹⁵ Deste modo, a ventilação natural percebe-se através das diferenças de pressão. Quando a pressão for positiva (sentido dos ventos) é permitida a sua entrada,

12 ALBERTI, Leon Battista - *On the art of building in ten books* .p.356 – “Walls of flint and marble are both cold and damp: their very coldness compresses the air and turns it into moisture. Tufa and brick are more convenient, being thoroughly dry.”

13 SMITH, Peter F. - *Architecture in a climate of change: a guide to sustainable design*. p 208.

14 SMITH, Peter F. - *Architecture in a climate of change: a guide to sustainable design*. p 208. - “Internal walls need to breathe, otherwise condensation is virtually inevitable.”

15 MCCARTHY, Battle – *Wind towers: detail in building*. p.17.

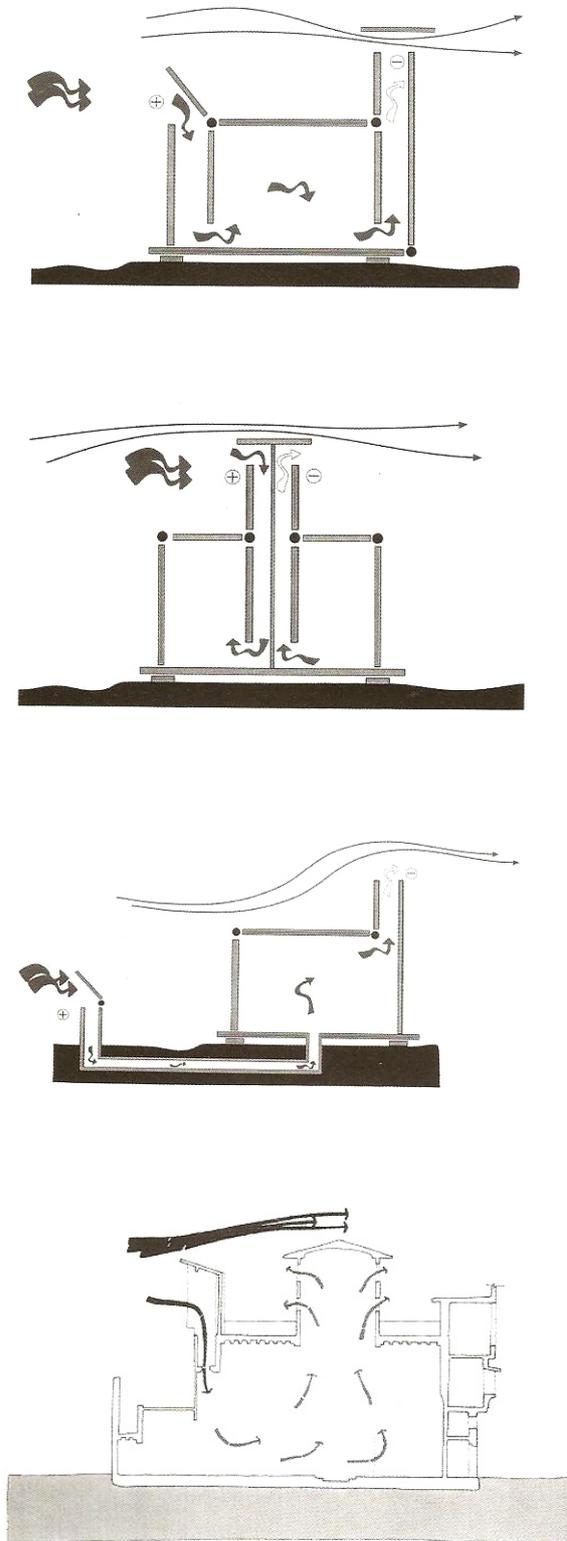


FIG. 13: De cima para baixo: Combinação de pá de vento (entrada) com torre de vento (saída). O Badgir combina tanto a entrada como saída num só sistema. Pá de vento a prover ar através de um tubo debaixo da terra. O ar é extraído através de uma torre de vento. O malqaf, Qa'a de Muhib Ad-Din Ash-Shaf'l Al-Muwaqqf.

quando a pressão é negativa acontece a saída, que pode ser induzida através de torres de vento. Assim como as torres de vento permitem extrair ar de dentro do espaço construído, existem também as “pás de vento”(windscoops) que servem para introduzir ar fresco no edifício. Estes tipos de infra-estruturas de captura e libertação de vento são próprios da arquitectura antiga, predominantemente das regiões quentes que dependiam da ventilação para ter os seus edifícios frescos. O “malqaf” que significa cata-vento, é uma resposta de climas quentes como é o do Egipto, onde foi primeiramente desenhado em 1300 a.C. Este sistema é cuidadosamente colocado e desenhado como um eixo que é elevado em relação ao edifício de maneira a captar os ventos mais fortes para o espaço interior para que seja possível introduzir ar fresco. O sistema que pode ser considerado como um desenvolvimento do mencionado anteriormente é o “badgir”. Este eficaz sistema de ventilação da arquitectura vernacular, desenvolvido nos países do Golfo, consiste numa torre que normalmente oscila aos 7 metros de altura. No cimo da torre existem aberturas nos seus quatro lados, permitindo assim, que o vento entre de todas as direcções, e cuja torre funciona também como uma chaminé que liberta o calor vindo do interior. São inúmeros os exemplos deste tipo de sistemas nesta região, embora também em climas moderados se possam encontrar sistemas parecidos, como é o caso do Panteão de Roma, construído em 27 a.C em que a ventilação é induzida.

A implementação de uma torre ou pá de vento, ou de ambas, depende do tipo de edifício e do seu espaço interior. As torres de vento são normalmente apropriadas a espaços amplos de escritórios que possuem uma ligação vertical que pode ser uma caixa de escadas ou um pátio. As pás de vento devem ser incorporadas em construções de grande volume como centros comerciais.

Quando a ventilação natural não é suficiente, torna-se necessário recorrer a métodos mecânicos para satisfazer o conforto. A ventilação mecânica pressupõe a manipulação de ar através de ventiladores que fornecem e extraem ar através de canos ou tubos. O ar que se extrai do edifício deve sair pelo lado mais fresco, ou extraído por tubos ou condutas que se encontram no subsolo para que seja mais fácil a redução da sua temperatura. Os sistemas mecânicos, se possível, devem seguir o fluxo natural do ar.

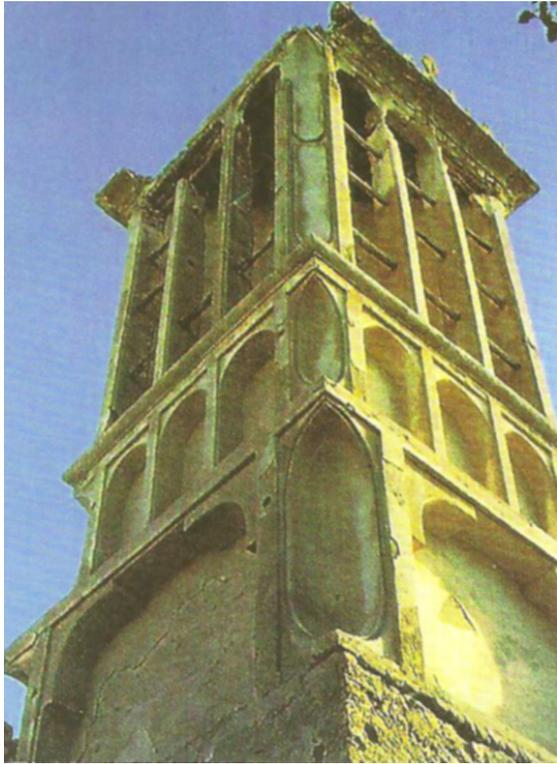


FIG. 14: Badgir no Dubai, Emirados Estados Unidos.

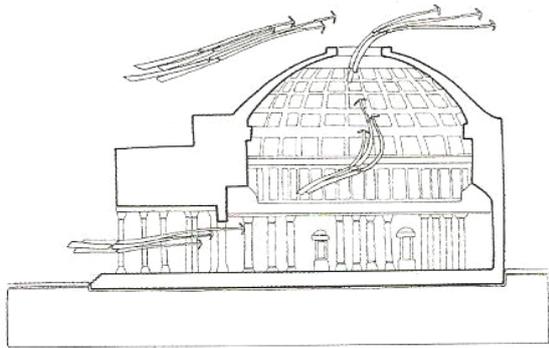


FIG. 15: O Panteão de Roma, construído por Agrippa em 27 a.C. e reconstruído por Hadrian em 120-124 d.C. usa uma ventilação dirigida.

No planeamento de um sistema de ventilação mecânica num edifício convém dimensionar as condutas para que seja minimizada a resistência. A ventoinha deve ser pequena, controlando o ruído e incluindo dispositivos para impedir a propagação do fogo, em caso de incêndio.

O ar condicionado, como grande consumidor de energia, deve ser evitado na maioria dos casos. Este sistema arrefece o ar através de um sistema de refrigeração e por isso necessita de grande quantidade de energia para operar.

[est]ética sustentável

2.2 A FRONTEIRA DO ESPAÇO [MATERIALIDADE]

A fronteira criada pelos arquitectos para produzir os *espaços* é, na maioria das vezes, definida pela materialidade que compõe o projecto. A presença de matéria e espaço está intrinsecamente ligada e é influenciada reciprocamente.

*“O carácter do espaço arquitectónico, portanto, depende de como as coisas são feitas e por isso, é determinado pela realização técnica e pela composição estrutural das substâncias e dos materiais utilizados.”*¹⁶

Sentimos o espaço, pela sua composição, de uma maneira física, utilizando os nossos sentidos. Desta composição, os materiais, fazem parte integrante do projecto e podem dizer muito a respeito da arquitectura podendo a sua escolha ser fundamental para uma construção sustentável. Pretende-se perceber os aspectos da escolha responsável de materiais tendo em conta a sua vida e a vida total do edifício em que vai ser incorporado.

16 DEPLAZES, Andrea; SÖFFKER, G.H.- *Constructing architecture: materials, processes, structures, a handbook*. p.19 - “The character of the architectural space therefore depends on how things are done and for that reason it is determined by the technical realisation and by the structural composition of the substances and building materials used.”



FIG. 16: Werfthaus, Otta Bartning's, 1932.

Flexibilidade espacial

*“O arquitecto tem de ser um profeta, um profeta no verdadeiro sentido da palavra; se não consegue prever pelo menos os dez anos à frente então não o chamem de arquitecto.”*¹⁷

O arquitecto, quando projecta um espaço, procura compreender quem vão ser os intervenientes activos, quais são os seus requisitos e de que maneira regem as suas vidas. Consequentemente, define o programa que vai “restringir” o tipo de função do espaço. Contudo, essas necessidades respondem ao presente e não ao futuro, reduzindo o período de vida do próprio objecto pois, é comum, as nossas actividades e maneiras de estar serem modificadas em períodos de tempo não muito longos. É essencial, por isso, considerar um vasto ramo de possibilidades que possam prevenir futuros desperdícios.¹⁸

Talvez um dos primeiros acontecimentos marcantes na promoção da arquitectura flexível tenha sido aquando do concurso que pretendia a resolução de projectos relacionados com temas como o crescimento e a expansão da habitação, tanto no plano horizontal como no vertical, em 1932, na Alemanha. Deste concurso aparece a proposta do arquitecto Otta Bartning's que apresenta uma casa flexível, a “*Werfthaus*” (casa estaleiro, devido ao local onde o projecto se iria implantar), que faz parte de um sistema que permite a sua montagem e desmontagem com uma relativa facilidade e rapidez. Este sistema poderia crescer à medida que as capacidades financeiras do utilizador fossem também aumentando.¹⁹

17 WRIGHT, Frank Lloyd, in WINES, James – *Green architecture*. p.194 – “The architect must be a prophet, a prophet in the true sense of the word; if he can't see at least ten years ahead then don't call him an architect.”

18 Quando a reciclagem ou qualquer outro tipo de reutilização não é possível, os materiais passam a ser lixo. O pensamento mais comum é o de considerar que se o lixo é atirado fora que isso significa o seu fim. Este pensamento está longe de ser verdade, pois este lixo não desaparece, mas sim torna-se um problema. Para além do impacto associado à ocupação do espaço pela descarga destes resíduos, também implica um gasto em energia de transporte, a poluição desse mesmo terreno e o esgotamento dos recursos naturais. O aumento da criação de resíduos é cada vez maior e é um problema que incide em todos os aspectos da vida.

19 SCHNEIDER, Tatjana; Till, Jeremy – *Flexible housing*. p.64.

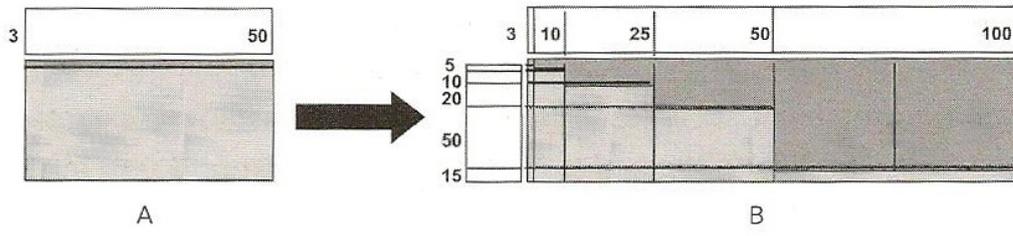


FIG. 17: Da esquerda para a direita: diagrama de período de vida homogéneo. Diagrama de período de vida heterogéneo.

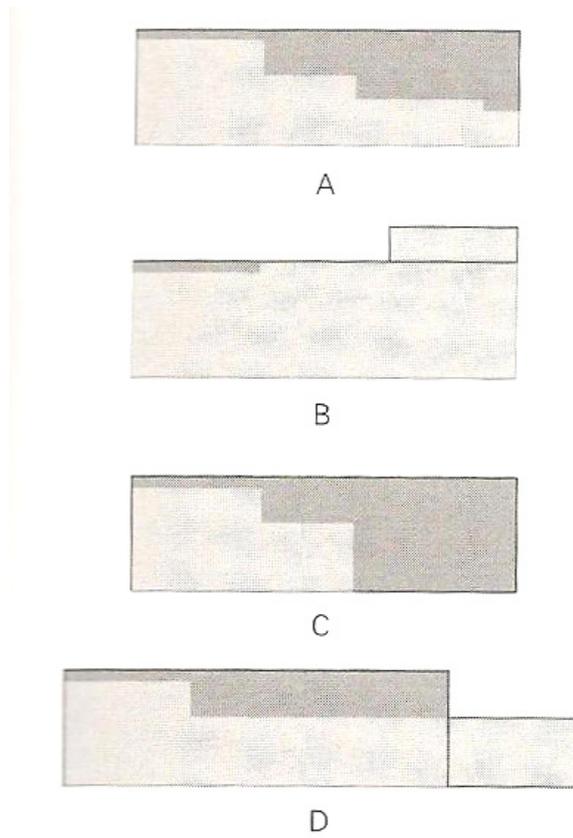


FIG. 18: A: Contração, B: Expansão, C: Desaparecimento, D: Contração de período longo de vida.

Stewart Brand²⁰ desenvolveu um método de previsão do futuro de edifícios denominado de “scenario-buffered design”²¹. Este sistema consiste na suposição de diversos cenários tanto possíveis como quase impossíveis (pensar o impensável) de acontecerem. São elaborados para alargar ao máximo as possibilidades do espaço construído. Depois de uma variedade de cenários propostos, segue-se a escolha daquele que demonstra ser mais fiável. Para este autor, os edifícios devem possuir uma forma que apresente uma capacidade de crescimento e materiais que com o tempo possam ser adaptados facilmente. A estrutura deve ser básica e despender mais tempo e custos na manutenção e no progressivo ajuste e não em acabamentos. Pretende-se aceitar a mudança e tentar prevê-la em vez de antever uma certeza. No entanto, o próprio diz em termos provocatórios: “ (...) todos os edifícios são previsões. Todas as previsões estão erradas.”²²

Esta teoria é desenvolvida no MIT²³ por John E. Fernandez que também defende que as propostas devem considerar as mudanças no futuro, nomeadamente alterações feitas ao longo da vida do edifício a diferentes escalas de intervenção, no entanto este estudo não prevê quais serão as possíveis transformações futuras mas defende a elaboração de um projecto que contém mecanismos que com o tempo permitem facilmente qualquer combinação diferente²⁴. Fernandez explica: “*projectar para desmontagem, separação de tecnologias, recuperação e reciclagem de materiais, pormenorização “loose-fit”, fundações “lightly-treading” e outras tecnologias, todos irão contribuir para um conjunto de tecnologias necessárias para a construção de volumes mudar ao longo do tempo.*”²⁵ Uma diferenciação no planeamento dos diferentes tempos de evolução e vida do edifício consideram-se fundamentais para esta estratégia. No caso de edifícios de grande tamanho defende-se que o planeamento deve ser feito,

20 Autor e editor do “The Whole Earth Catalogue”.

21 BRAND, Stewart – *How buildings learn* (1994).

22 BRAND, Stewart – *How buildings learn: What happens after they're built* – p.178. – “all buildings are predictions. All predictions are wrong.

23 MIT – Massachusetts Institute of Technology.

24 STEEMERS, Koen; STEANE, Mary Ann - *Environmental diversity in architecture*. p.74

25 STEEMERS, Koen – *Establishing research directions in sustainable building design* p.10 “Design for disassembly, separation Technologies, materials reclamation and recycling, loose-fit detailing, lightly-treading foundations and other Technologies, will all contribute to a suite of technologies necessary for building volumes to change over time.”

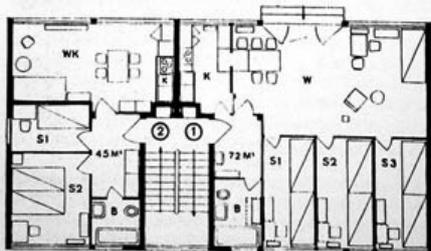
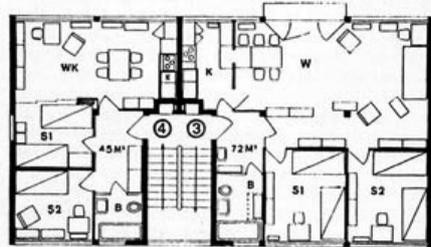
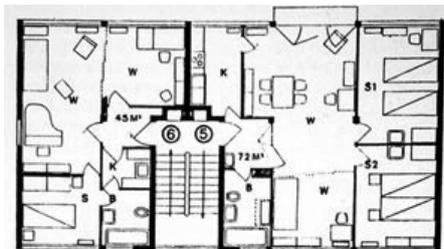
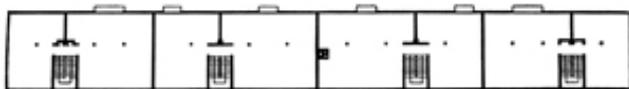


FIG. 19: Conjunto habitacional em Estugarda, Alemanha, (1927), Mies van der Rohe. De cima para baixo: Vista exterior. Planta estrutural. Organização do espaço interior por outros arquitectos consoante as necessidades de cada ocupante.

considerando diferentes períodos de vida para as partes que compõem o projecto, e não uma designação de ciclo de vida total do edifício. A ilustrar esta teoria está a figura 17 que mostra dois gráficos da área de dois edifícios diferentes, em que o da esquerda se designou um período de vida de 50 anos, para a totalidade do edifício. Já o da direita, em que o ciclo de vida do edifício é dividido por áreas consoante o seu período de vida, apresenta uma mais longa resistência ao tempo. Estes gráficos ajudam a comprovar que se o edifício for percebido por áreas com ciclos diferentes o espaço será usado de modo eficiente. Na imagem seguinte mostram-se vários modos em que os edifícios podem mudar.

“Ao reconhecer a mudança como um parâmetro base, mas aceitando o nível e a extensão da mudança como desconhecido, a habitação flexível é inerentemente sustentável.”²⁶

Para além de ser favorável no campo ambiental, a arquitectura que pretende ser flexível também o é nos campos social e económico da sustentabilidade, *“os aspectos sociais não são apenas abordados por meio do envolvimento do usuário, mas também na capacidade da habitação flexível de aceitar a mudança demográfica e, portanto, estabilizar comunidades. Os aspectos económicos são abordados através da visão a longo prazo, que gera habitação flexível através de um “future-proofing” e evitando a opulência.”²⁷*

Os dois principais motivos que tornam a mudança imprescindível numa habitação consistem na adaptação conforme o envelhecer ou debilidade física do utilizador, ou da necessidade comum da crescente ou decrescente acomodação de uma família. A resposta mais corrente a este tipo de situações está na inclusão de espaços com função indeterminada e divisões com uma estrutura que permitam modificar-se consoante diferentes tipos de configuração. Para além de tudo isto, o futuro habitante deve ser um interveniente activo no desenvolvimento do processo para que sejam compreendidas as suas necessidades futuras.

26 SCHNEIDER, Tatjana; Till, Jeremy – *Flexible housing*. p.49 –“By acknowledging change as an underlying parameter but accepting the level and extent of change as unknown, flexible housing is inherently sustainable.

27 SCHNEIDER, Tatjana; Till, Jeremy – *Flexible housing*. p.50.-“ The social aspects are not only covered through user involvement, but also in the capacity of flexible housing to accept demographic change and thus stabilise communities. The economic aspects are addressed through the long-term vision that flexible housing engenders through future-proofing and avoiding obsolence.”

[est]ética sustentável

O projecto de Mies Van der Rohe de 1927, um conjunto de apartamentos para habitação na periferia da cidade de Estugarda na Alemanha é a prova de como “*um edifício não é algo que se acabe. Um edifício é algo que se começa.*”²⁸ O arquitecto desenhou o edifício de maneira a que os espaços interiores fossem abertos somente com interrupções pontuais de uma ou duas colunas estruturais. Os espaços destinados a serviços, como casas de banho e cozinhas estão localizados perto das escadas, permitindo assim, uma liberdade para o resto da planta. Cada andar contém à esquerda da caixa de escadas um apartamento com uma área de 45m² e à direita, um maior, com uma área de 72 m². Os apartamentos foram divididos por outros arquitectos que, de diferentes maneiras, controlaram os espaços tendo em conta as características singulares dos ocupantes. Este projecto demonstra a base ideológica de flexibilidade em que Mies acreditava.

Por outro lado, “*o facto de que um edifício é uma junção complexa de milhares de componentes com variados requisitos e distintos factores de stress, significa que designar um certo ciclo de vida é mais um acto de fé do que um resultado de um método racional.*”²⁹

Quando a reutilização do edifício é impossível, a reutilização dos seus materiais é a opção preferível. Se os produtos se encontrarem num estado de degradação muito grande, se já não corresponderem às necessidades estéticas ou financeiras, então deve recorrer-se à reciclagem, contudo, nem todos os materiais são de fácil reciclagem. A madeira é mais fácil de ser reutilizada, já os metais e o betão são facilmente recicláveis. O betão não pode ser reutilizado no local, mas pode ser “downcycled”³⁰ apesar deste processo requerer bastante energia.

28 BRAND, Stewart – *How buildings learn: What happens after they're built* – p.188-“A building is not something you finish. A building is something you start.”

29 FERNANDEZ, John E. - *Environmental diversity in architecture*. p.71. - “The fact that a building is an extremely complex assembly of thousands of components with varying performance requirements and distinct sets of stressors, means that designating a particular lifetime is more an act of faith than the result of a rational method”.

30 processo que se baseia na reciclagem de um produto para outro igual mas com qualidade inferior.

[est]ética sustentável

Energia incorporada

Durante a extracção, fabrico, transporte, uso e eliminação do material, é necessário despende energia e muitas das vezes, água. Essa energia, a que se somam todas estas etapas, é chamada de energia incorporada³¹.

Apesar de já ser possível ter acesso aos valores calculados para a energia incorporada da maioria dos materiais, o seu cálculo não é exacto, pois existe um variado número de factores a serem determinados o que a torna numa fonte dúbia. Na procura dos índices da energia incorporada é possível encontrar diferentes valores para o mesmo material. Isto deve-se a erros neste tipo de avaliação como a não diferenciação entre energia produzida por combustíveis renováveis - que não transmite CO₂ - e combustíveis fósseis ou mesmo alguns cálculos que incluem a energia do transporte do material para o local, a manutenção e a sua final eliminação, enquanto que outros não o fazem. É devido a estes factores que há discrepâncias no cálculo dos valores a estabelecer. A determinação da energia incorporada também falha quando não distingue que, por vezes, alguns materiais são necessários em diferentes quantidades para atingir o mesmo objectivo.

Apesar de ser ainda um índice muito pouco científico, a energia incorporada deve ser tida em consideração, contudo, para uma escolha mais correcta, não deve ser considerado somente este factor, mas sim a energia total de consumo do edifício. É, por isso, importante perceber que, por vezes, a escolha de um material com alto nível de energia incorporada pode não ser uma má escolha, pois pode ser compensador em termos da diminuição do dispêndio de energia durante o seu uso. O betão é um exemplo disso: apresenta-se como um material com alto valor de energia incorporada, que liberta uma grande quantidade de CO₂ para a atmosfera e é constituído por reacções químicas, que prejudicam o meio ambiente. No entanto, pode prover a inércia térmica que ajuda na promoção de energia passiva: absorve o calor, reduzindo, assim, os arrefecimentos bruscos. Comparando a energia incorporada do betão com o desempenho térmico total durante a sua vida útil no edifício, na maioria das vezes, é compensatória a sua aplicação.

31 SASSI, Paola - *Strategies for sustainable architecture*. p.182.

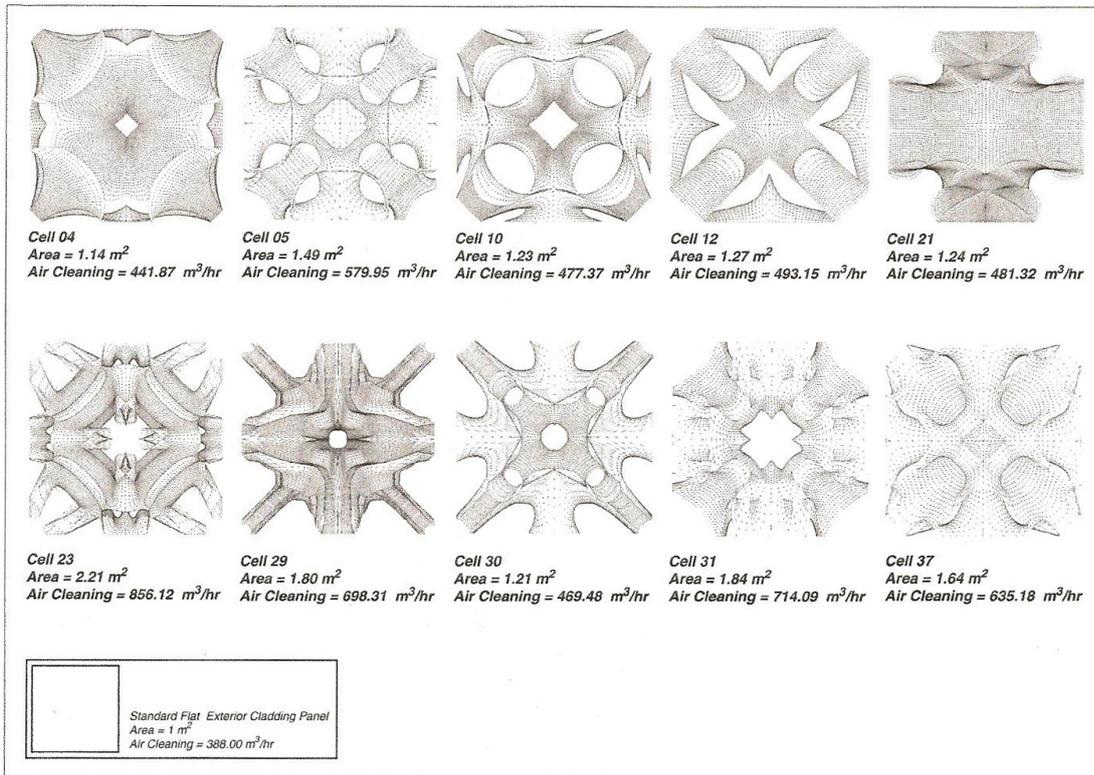


FIG. 20: Projeto InversaAbrane do atelier KOL/MAC LCC's.

O isolamento é também um elemento que, quanto maior for o seu uso, maior será a energia incorporada do edifício, contudo é essencial a sua aplicação para que não haja perdas térmicas e assim como o betão, é fundamental na redução da energia operativa do espaço construído.

Estas pequenas contradições, entre edifícios mais eficientes – e uma maior energia incorporada, vêm comprovar a complexidade de que se reveste este tema da sustentabilidade na construção, e em consequência disso procura-se cada vez mais, descobrir e compreender os impactos que os materiais causam no ambiente. Por isso, e como já foi referido, a energia incorporada deve manter-se como um factor a ponderar na construção sustentável. Apesar do seu valor, no total de energia despendida do edifício ser baixa, ajuda e encoraja o uso de materiais fabricados no local e com baixos recursos e é também essencial para que os próprios fabricantes tenham percepção do impacto ambiental, sintam a pressão contribuindo com um mercado de produtos mais consciencioso.

Novas materialidades ecológicas

“O que veremos no futuro próximo são estruturas inteligentes equipadas com uma matriz de fibra óptica “nervos” que irá indicar o que uma estrutura está a ‘sentir’ a qualquer momento e dar informação imediata de qualquer falha catastrófica iminente. Se o fim do século passado foi caracterizado pelo surgimento de alta tecnologia, com cada vez mais complexa tecnologia embalada em espaços cada vez menores, no futuro, de acordo com cientistas de materiais. Vamos aprender a adaptar-nos em vez de sermos assertivos. Isto é, certamente, o que responsabilidade ambiental é toda sobre.”³²

32 SMITH, Peter F. - *Architecture in a climate of change: a guide to sustainable design*. p. 200. - “What we will see in the near future are smart structures equipped with an array of fibre optic “nerves” that will indicate what a structure is ‘feeling’ at any given moment and give instant information to any impending catastrophic failure. If the end of the last century was characterized by the rise of high technology with ever more complex electronic wizardry packed into ever smaller spaces, the future, according to materials scientists. We will learn to be adaptive rather an assertive. This surely is what environmental responsibility is all about.”

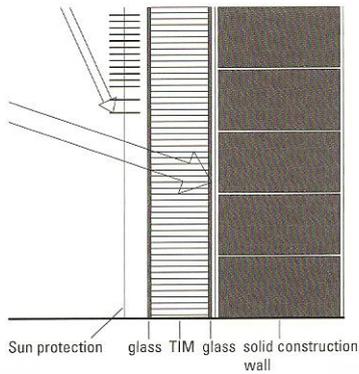


FIG. 21: Componentes de fachada solar com TIM (translucent thermal insulation).
FIG. 22: TIM (translucent thermal insulation).

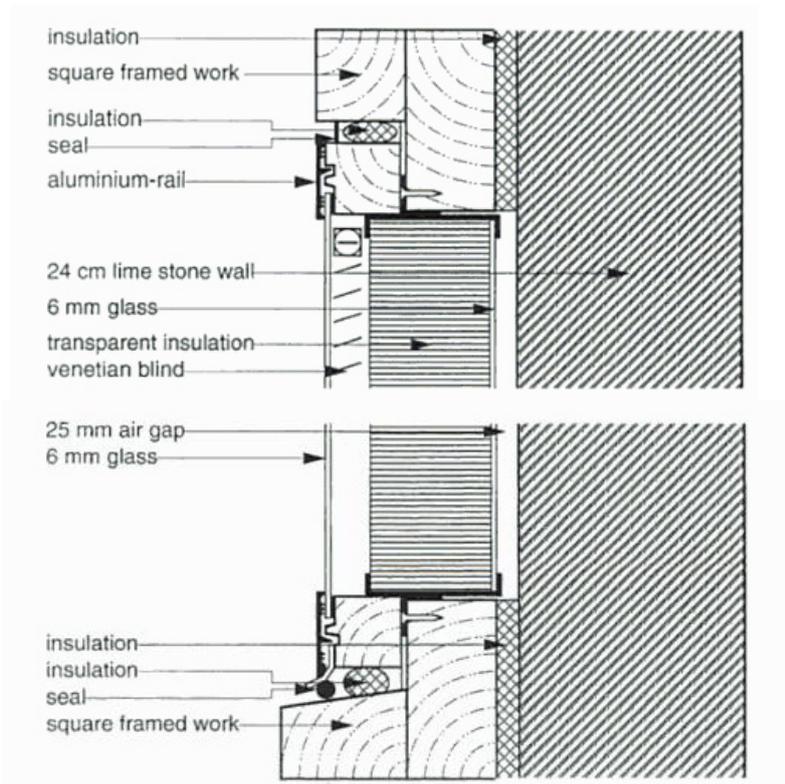


FIG. 23: Pormenor de uma parede com TIM, (transparent insuation material).

Esta evolução é comprovada por cientistas como Philip Ball³³ que defende que os “*materiais inteligentes representam a síntese do novo paradigma da ciência dos materiais em que materiais estruturais estão a ser substituídos por outros funcionais*”³⁴, os materiais em certas ocasiões poderão mesmo substituir mecanismos e tornar-se independentes da regulação humana, já se pode sonhar com “*uma casa construída de tijolos que mudam as suas propriedades de isolamento térmico dependendo da temperatura exterior para maximizar o uso eficaz da energia.*”³⁵

Recentemente, em 2006, foi proposto pelo atelier KOL/MAC LCC's um novo território na arquitectura, uma nova maneira de encarar os métodos de construção e de visualização formal. O projecto, em progresso, *InversaBrane*, baseado em tecnologia, engenharia estrutural e ecologia, consiste numa ideia diferente de “verde”, em que a pele do edifício funciona como uma membrana que recicla o ar, a água e a luz, transformando-as em energia e criando um melhor ambiente entre edifício e cidade. Os arquitectos pretendem criar uma analogia entre edifícios e carros de corrida, devido à sua grande segurança que permite um bom desempenho e um maior alcance. O tecido que constitui a fachada é composto por uma malha que permite conter painéis e células solares e ao mesmo tempo uma permeabilidade solar controlados por um software de inteligência artificial. Para os autores, este projecto é uma evolução natural da tecnologia de ponta em que a parede não é um elemento comum mas sim imita um fato de bombeiro, a casca de uma árvore ou a pele de um animal.³⁶

A tecnologia, em constante desenvolvimento, já trabalha também na tentativa de recriar materiais com características mais “verdes”. O betão, sendo o material mais usado neste momento na construção e um dos que mais polui o ambiente³⁷ é

33 Nascido em 1962 e ex-editor do jornal “Nature”, cientista escritor.

34 BALL, Philip – *Made to measure: new materials for the 21st century*. p.104. - “Smart materials represent the epitome of the new paradigm of materials science whereby structural materials are being superseded by functional ones.”

35 BALL, Philip – *Made to measure: new materials for the 21st century*. p.104. - “a house built of bricks that change their thermal insulating properties depending on the outside temperature so as to maximize energy efficiency.”

36 KOL/MAC – *InversaBrane* – filme em: www.youtube.com

37 “O transporte será provavelmente o principal motivo do impacte ambiental deste produto. No entanto, as emissões de dióxido de carbono provenientes da produção do cimento constituem, em geral, o grosso (pelo menos 85%) do total de emissões de CO₂ devido ao betão. Outra questão ambiental importante na utilização do betão é o problema da sua deposição. O betão forma cerca de metade de todo o lixo de construção e



FIG. 24: Edifício de escritórios, Munique (1994). Arquitecto Thomas Herzog. Primeira construção de fachada com aerogel granulado.

regularmente contestado por activistas. Consequentemente, está a ser desenvolvido um betão “amigo” do ambiente que consiste na tecnologia de geopolímeros³⁸ que serve para substituir o cimento³⁹. Esta mesma tecnologia pode também ser incorporada em tintas para que seja reduzida a quantidade de óxido nítrico na atmosfera.

Outras novidades na construção associadas às altas tecnologias passivas são os materiais inteligentes como o vidro termocrómico. Este consegue controlar a entrada de luz de maneira a bloquear o calor solar quando indesejado – o problema reside na sua consequente redução considerável da quantidade de luz natural – ou o vidro electrocrómico que é constituído por dois vidros com várias camadas que, com o uso de electricidade de baixa voltagem alteram a cor.⁴⁰ Em termos de tecnologia de captação activa existe já um mercado de vidro que possui características de um painel fotovoltaico, *“pode gerar electricidade de um modo, talvez de uso imediato, para a abertura de grandes janelas e estores. Também irá gerar aquecimento que pode ser útil para o espaço “buffer” durante o Inverno para reforçar o seu papel no pré-aquecimento, e possivelmente no verão para acelerar o fluxo de ar para arrefecimento, como uma chaminé solar. Se usado desta maneira, não há necessidade do vidro ser duplo, que por sua vez auxilia a eficiência energética.”*⁴¹

O vidro, por ser um material considerado indispensável e insubstituível, e apesar de exigir elevadas temperaturas na sua manufactura é considerado um material “verde” pois os seus constituintes – areia e soda – não são vistos como “anti-verde”⁴² e

demolição. Muitas vezes pode ser esmagado para reutilização sob a forma de agregado, mas a sua reutilização é rara.” Em *A green vitruvius: princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*.p.120.

38 “O cimento geopolimérico não é obtido pela fusão de calcário e argila como o cimento Portland e sim formado pela reacção química a temperaturas ordinárias de resíduos e material virgem contendo quantidades suficientes de componentes reactivos de alumina e sílica. Os materiais geopoliméricos são favoráveis ao meio ambiente e necessitam somente de energia moderada para ser produzido. No betão de cimento geopolimérico, a pasta geopolimérica serve para aglutinar os agregados graúdos e miúdos e qualquer material não reactivo.” Em www.geopolymer.com.br/PDF/Origem.pdf. p.2

39 SMITH, Peter F. - *Architecture in a climate of change: a guide to sustainable design*. p. 206.

40 ELKADI, Hisham – *Cultures of glass architecture*. p.77.

41 PORTEOUS, Colin - *The new eco-architecture: alternatives from the modern movement*.p 64 - “it can both actively generate electricity, perhaps with an immediate use, for opening large windows and controlling awnings. It will also generate some thermal heat which could be useful for a buffer space in winter to enhance its prewarming role, and possibly in summer to accelerate the flow of air for cooling, as in a solar chimney. If used this way, there is no need for the glass to be double-glazed, which in turn assists the electrical efficiency.”

42 PORTEOUS, Colin - *The new eco-architecture: alternatives from the modern movement*.p.65.

[est]ética sustentável

consegue recompensar a energia dispendida na sua produção através da qualidade de entrada de radiação solar e de calor.

Outro sistema inovador, este mais complexo, é o dos vidros que, após serem deformados, voltam à sua forma original, devido aos chamados “*shape memory alloys*” (SMAS), ou “*solid state phase transformation*”. O princípio destes compostos é o de conseguirem, quando frios, ser facilmente moldados para qualquer forma e permanecerem nesse estado, enquanto que quando aquecidos retomam a sua forma original.

Um dos componentes mais importantes da construção de edifícios que mais evoluiu nos últimos anos foi o isolamento, possuindo agora uma maior capacidade de resistência. O chamado “*Transparent Insulating Material*”⁴³ (TIM) que, apesar do nome, não é transparente visualmente mas sim translúcido, é um material que utiliza *aerogels*⁴⁴ colocados entre os panos de vidro. O isolamento funciona também como um sistema de aquecimento através dos raios solares que incidem sobre a parede que contém o isolamento. Os TIM, para além de servirem como isolamento podem funcionar como colectores solares, promovendo o aquecimento e a iluminação.

Na escolha de isolamento, devem ser evitados os que são prejudiciais ao ambiente, ou seja, aqueles que envolvem a libertação de toxinas durante o processo de produção. Os isolamentos variam entre aqueles que são inorgânicos e minerais, os orgânicos sintéticos e os orgânicos naturais. Isto permite compreender que existem inúmeras escolhas no tipo de isolamento que divergem em termos de eficiência térmica, resistência ao fogo e quantidade de libertação de químicos prejudiciais ao ambiente.

A preferência deve ser a de escolher o isolamento de proveniência orgânica ou de recursos reciclados que não necessitem de muita energia na sua produção, apesar de, por exemplo, o isolamento à base de lã animal poder ficar deteriorado com uma certa facilidade devido à fraca resistência às humidades. Interessa também saber onde é que o isolamento vai ser colocado no edifício (em que posição em relação ao sol) e qual é a sua condutividade térmica, ou seja, qual é a sua facilidade em transmitir calor.

43 JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.21.

44 SMITH, Peter F. - *Architecture in a climate of change: a guide to sustainable design*. p. 65 – “Aerogels são materiais que são na sua maioria ar – normalmente cerca de 99% do volume e pode ser composto de sílica, metais ou mesmo de borracha. São extremamente leves.”

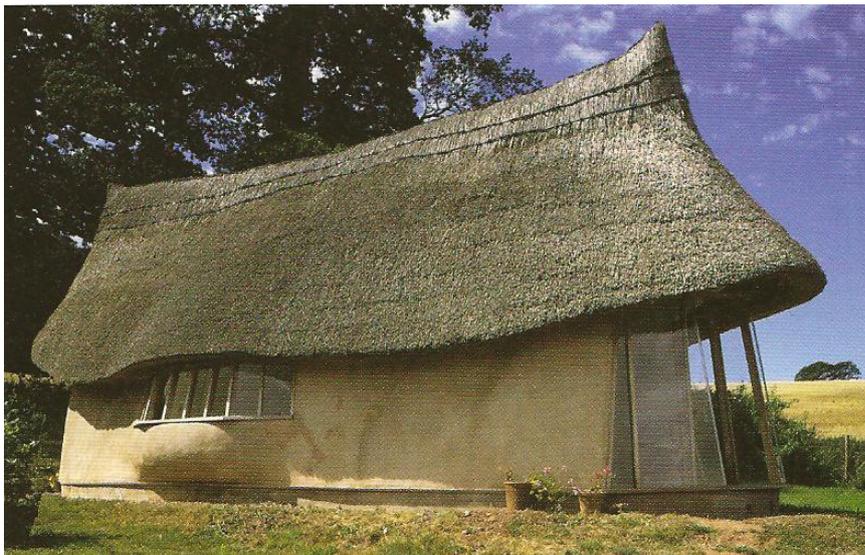


FIG. 25: Casa e atelier em West Country, Inglaterra, do arquitecto David Lea, 1985. Este projecto parece rejeitar a Revolução Industrial como o Movimento Arts and Crafts de Ruskin e Morris, e procura uma harmonia com o envolvente.

2.3 ESPAÇO ARTIFICIAL / ESPAÇO NATURAL [NATUREZA]

“A natureza pode ser vista de duas maneiras extremamente divergentes, o floco de neve de cristal e o carvalho; olhar através do microscópio dá-nos uma natureza que é abstracta e geométrica, como o floco de neve, enquanto que “a olho nu” a árvore de carvalho é complexa e apresenta textura.”⁴⁵

Na sua origem, o espaço construído teve como intuito proteger o homem da natureza, das suas intempéries, e do perigoso confronto com outros animais. No decurso da história, o homem parece ter-se afastado cada vez mais da natureza e, apesar de algumas tentativas modernista de reintegrá-la através de ideias como as de Frank Lloyd Wright, hoje em dia, com a evolução tecnológica, a separação entre homem e natureza ajuda a tornar a barreira artificial/natural mais acentuada. Assistimos e fazemos parte de rotinas que nos levam a sair de um apartamento com aquecimento central, entrar num carro que contém um sistema de arrefecimento ou aquecimento, estacionamos o carro num parque subterrâneo e entramos novamente dentro de um edifício de escritórios ou centro comercial, sem sequer experimentar o ambiente natural exterior.⁴⁶

45 FARMER, John - *Green shift: changing attitudes in architecture to the natural world*. p.67 - “Nature can be seen in two extremely divergent ways, the snowflake crystal and the oak tree; looking through the microscope gives us a nature that is abstract and geometrical like the snowflake, whereas to the eye the oak tree is complex and textured.”

46 STEEMERS, Koen; STEANE, Mary Ann - *Environmental diversity in architecture*. p.49.

[est]ética sustentável

Maioritariamente vive-se em espaços artificiais, em que tudo é controlado; o ar que se respira, a luz artificial que se regula de intensidade ou mesmo o estore que desce automaticamente quando a luz que incide é indesejada, no entanto, por mais que o homem tente criar ambientes que favoreçam o conforto de maneira artificial, nunca conseguirá alcançar a sensação de algo “natural” ou não mecânico tentando igualar as suas qualidades.

A sustentabilidade, para além de fomentar a preservação da natureza e dos ecossistemas, também defende que o homem, como criatura natural, precisa de se relacionar com a natureza e sua biodiversidade.

O ambiente natural foi sempre motivo de admiração por parte das pessoas e contribui para reforçar o sentimento de bem-estar, principalmente devido à sua característica de diversidade, em diferentes escalas e ciclos, como por exemplo, as diferentes estações do ano ou mesmo as diferentes temperaturas que são sentidas durante um dia. Actualmente, o trabalho dos arquitectos e engenheiros incide sobre esta diversidade, na tentativa de uma neutralização, mas que talvez não seja a resposta que se procura, no sentido de que existem provas em que as pessoas estão mais satisfeitas com uma considerável variedade de temperatura, de corrente de ar, e não da sua uniformidade.

Quando o Homem começou a viver quase exclusivamente em espaços interiores, tentou levar consigo a natureza em forma de jardins, pequenas plantas ou mesmo em quadros alusivos ao tema.

Nos próximos parágrafos serão esclarecidas três maneiras diferentes de representar o ambiente construído em função da diversidade e qualidade da natureza. Estas características são defendidas pelo físico, Nick Baker, no livro *envrionmental diversity in architecture*.

O estímulo dado pela Natureza é muito favorável e pode melhorar o cenário de conforto, tanto térmico, acústico como visual. Os ambientes definidos são: *o ambiente natural, o ambiente artificial e o ambiente sintético*. Questiona-se se será essencial coabitar com a natureza e com a sua diversidade ou se podemos criar artificialmente situações em que o ambiente natural é representado e estimulado ou mesmo, se será

[est]ética sustentável

suficiente criar um ambiente sintético onde a diversidade seja arbitrária e artificial.

O ambiente natural é, obviamente, o preferido e mais convencional. Nesta categoria encontra-se o tipo de arquitectura que procura adoptar uma ventilação natural e aproveitar a luz diurna com a abertura de panos de vidro. É uma arquitectura em que o espaço construído é visto apenas como mediador entre homem e natureza. O mundo natural exprime o contexto desta arquitectura e daí outras questões são relevantes como a escolha de materiais e a tomada de decisão para um cuidado maior no uso de energia e de recursos.

Com a intensa construção urbana, o ambiente exterior encontra-se poluído, barulhento e com bastante falta de qualidade em diferentes aspectos. Será então preferível que o planeamento do ambiente construído seja feito de maneira artificial? Com a evolução e uso de novas tecnologias, o ambiente artificial também não é nada de novo. Artificialmente a natureza pode ser expressa, dentro de um espaço, de diversas maneiras: pinturas e esculturas ou mesmo imitações de flores em plástico. Estes objectos podem ajudar o habitante a sentir-se em conexão com a natureza e daí receber os seus estímulos. Neste efeito podem ser controladas artificialmente diferenças de temperatura, de luz e mesmo de cor, contudo não é certo que estes estímulos artificiais sejam mesmo eficazes, e o mais provável é mesmo de o não serem.

O ambiente construído deve ser diversificado, estimulando a adaptação do utilizador e poderá ser feito por meios artificiais e não naturais. Neste sentido, o conforto acústico, térmico e visual serão comandados por sistemas automáticos que substituem a acção do Homem. Este ambiente sintético não está muito longe da realidade que hoje presenciamos, mas não parece que seja uma resposta positiva ao futuro que desejamos.

Resumindo, parece óbvio que a primeira opção é aquela que responde às necessidades da maioria dos habitantes do Mundo e isso revê-se na crescente tentativa de espalhar espaços verdes nas cidades e no forte êxodo rural que acontece durante os fins de semana em que os habitantes de espaços urbanos procuram a Natureza. No entanto, existirão sempre duas possibilidades para o futuro: a de apadrinhar a verdade natural ou procurar nas soluções tecnológicas a resposta, pois ambas procuram o seu espaço e realização.

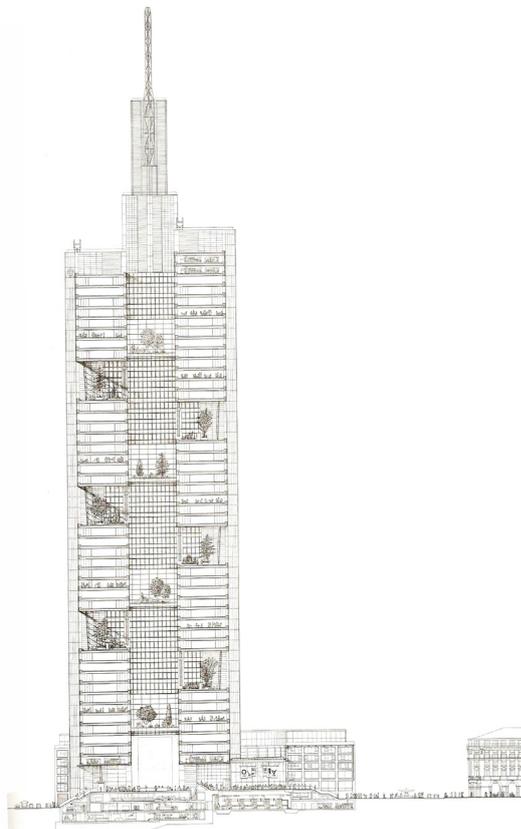


FIG. 26: Commerzbank em Frankfurt, Norman Foster. Vista exterior e corte.

Em meados dos anos 50 surgiu uma vertente arquitectónica chamada de *Baubiologie*, palavra que em alemão significa, literalmente, construção biológica que pretende compreender o impacto do ambiente na saúde. Foi inventada na Alemanha e tem como objectivo criar edifícios que estejam em harmonia com o ambiente e em que as necessidades biológicas, físicas e espirituais dos habitantes são consideradas prioritárias. Neste tipo de construção, a “pele” do edifício deve ser desenhada para que permita que o edifício respire, se proteja e receba calor solar, no intuito de criar um clima interno saudável e confortável.

As preocupações da *Baubiologie*, para os espaços interiores, concentram-se nos factores de humidade, luz, cor, poluição do ar, harmonia nas proporções, energias limpas e ergonomia.⁴⁷ Este movimento usa métodos construtivos tradicionais assim como contemporâneos.

Este tipo de intervenção “amiga do ambiente” não tinha ainda sido pensada para responder a edifícios de grande escala e foi só no início dos anos 90 que, no âmbito das construções em altura, foi apresentado e construído um sistema que permite ao edifício “respirar”. Este arranha-céus em Frankfurt (na altura o mais alto) projectado pelo arquitecto Norman Foster foi pioneiro e conseguiu provar que é possível desenhar edifícios em altura que englobam o tema da sustentabilidade, criando um sistema passivo correcto que ajude a poupar o consumo energético total. Os resultados, positivos ou mesmo negativos deste tipo de construção, permitiu, uma evolução na construção de arranha-céus “verdes”. O objectivo deste edifício de 53 andares partiu da descoberta do ambiente de trabalho e dos padrões de escritórios associados a uma novidade: a ecologia, a qual pretende explorar ao máximo a luz solar e ventilação natural.

A planta é em forma triangular com um pátio central a toda a altura do edifício (só dividido por uma estrutura de vidro e aço a cada 12 andares para não criar um túnel de ventos fortes). Este pátio é o átrio central e é também uma novidade no desenho de edifícios em altura. Até hoje, na maioria deste tipo de edifícios, o centro era preenchido pelos acessos; escadas, elevadores, porém, aqui, e através da planta triangular, estes são colocados nos “vértices” do triângulo, libertando o espaço central.

Os jardins de quatro andares, que são distribuídos pelos três lados do edifício, formam

⁴⁷ SASSI, Paola - *Strategies for sustainable architecture*. p.96.

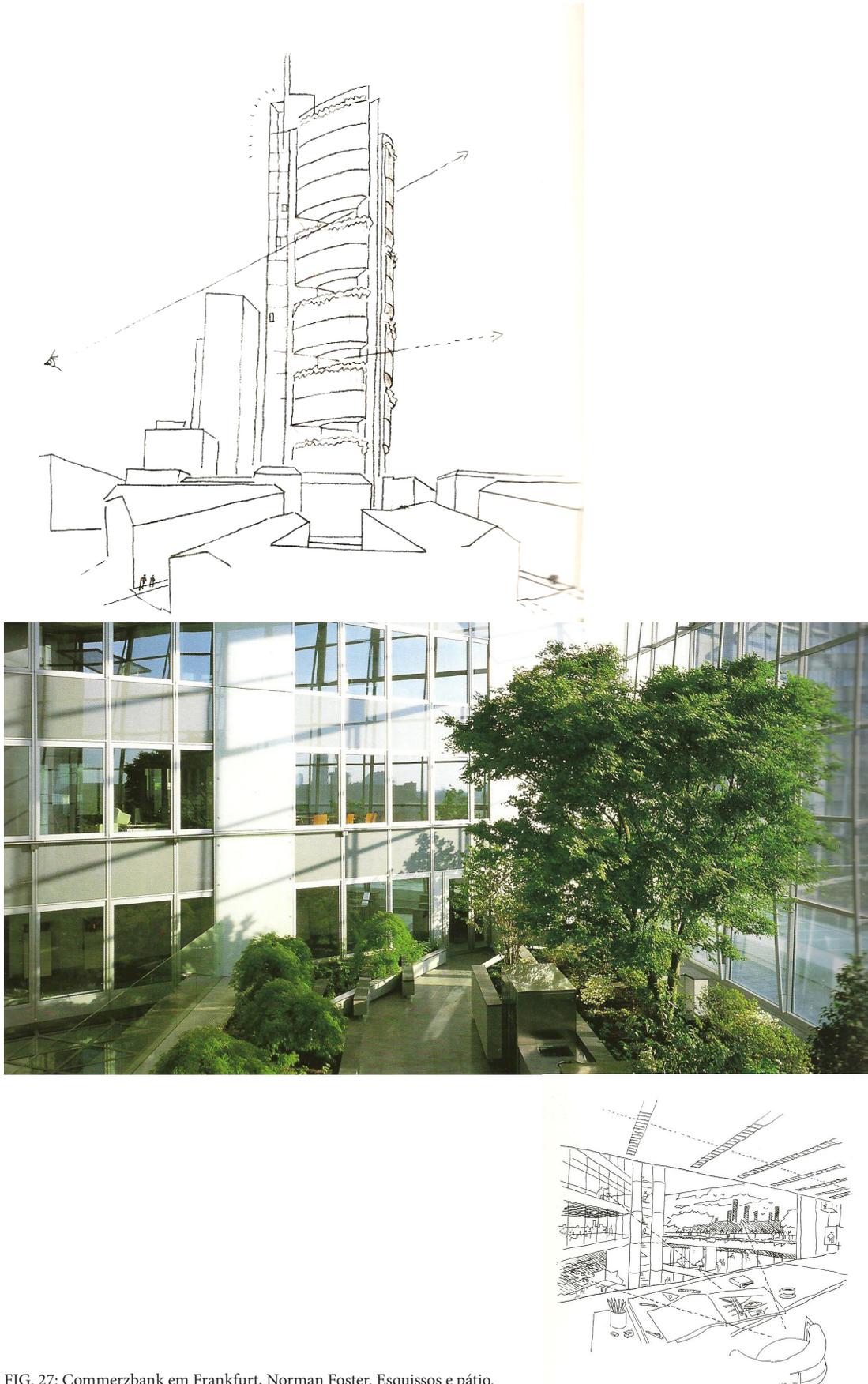


FIG. 27: Commerzbank em Frankfurt, Norman Foster. Esquissos e pátio.

uma espiral que contorna o edifício e tornam-se, assim, os pontos visuais e sociais dos trabalhadores. Estes jardins, para além de terem um papel ecológico, que consiste em trazer luz solar e ar fresco para o átrio central, são também locais para relaxar durante pausas laborais, que criam mais humanidade no local de trabalho.

Para que fosse possível obter os “vazios” de quatro andares - os jardins - a estrutura teve que ser pensada de maneira diferente, tendo ajudado o desenho de um triângulo equilátero, em que os vértices, com o núcleo funcional, suportam o resto da estrutura. Os escritórios, por terem duas fachadas, uma para o exterior e outra para o interior, (átrio) necessitam de uma determinada quantidade de luz, que teve de ser pensada com um cuidado especial para o lado interior. Isto consegue-se através da compreensão dos vazios que contêm os jardins, após um estudo exaustivo do corte do edifício. Quando é verão e a radiação vem de cima, os tectos de vidro acima dos jardins reflectem a luz para a totalidade do átrio central. No Inverno, quando o sol está baixo, a luz penetra pelas fachadas dos jardins, atravessando o átrio e iluminando directamente a fachada interior. Ou seja, cada escritório tem acesso a luz solar e tem janelas que se podem abrir, o que permite aos utilizadores controlarem o seu ambiente.

O edifício é 80% ventilado naturalmente, o que resulta num consumo de energia equivalente a metade do gasto num edifício de escritórios semelhante, mas fechado. O sistema de ventilação é chamado de “Klimafassade” que significa, à letra, clima da fachada ou fachada de dupla pele que consiste no uso de duas camadas, ou “peles” do edifício. Este sistema inclui também o controlo de abrir/fechar janelas e os sistemas de sombra são adaptados pelos próprios utilizadores do espaço. A camada exterior é composta por um pano de vidro laminado que desvia ventos fortes e chuva. Entre as duas camadas existe uma cavidade que contém uma persiana que pode desviar os raios solares ou fazer sombra. A camada interior, composta por vidro duplo que permite abrir a janela no topo, pode ser controlada individualmente ou por um sistema electrónico baseado nos valores térmicos de limite.

A construção do Commerzbank, para além de proporcionar um melhor ambiente aos seus utilizadores, mostrou-se também fundamental na evolução e percepção prática da arquitectura sustentável.

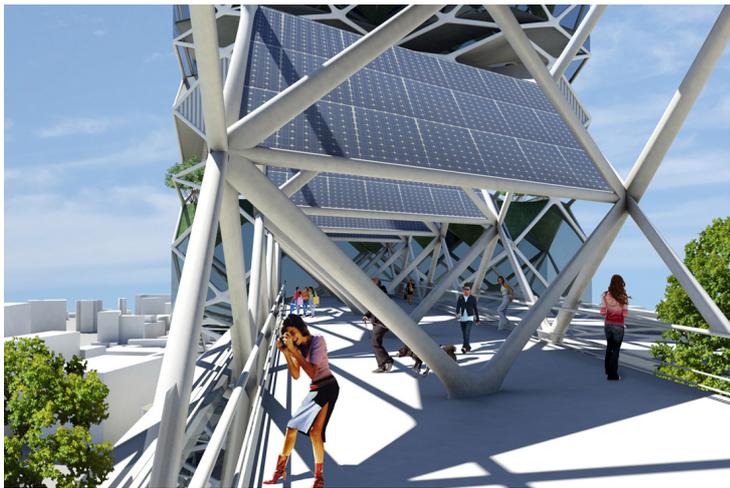
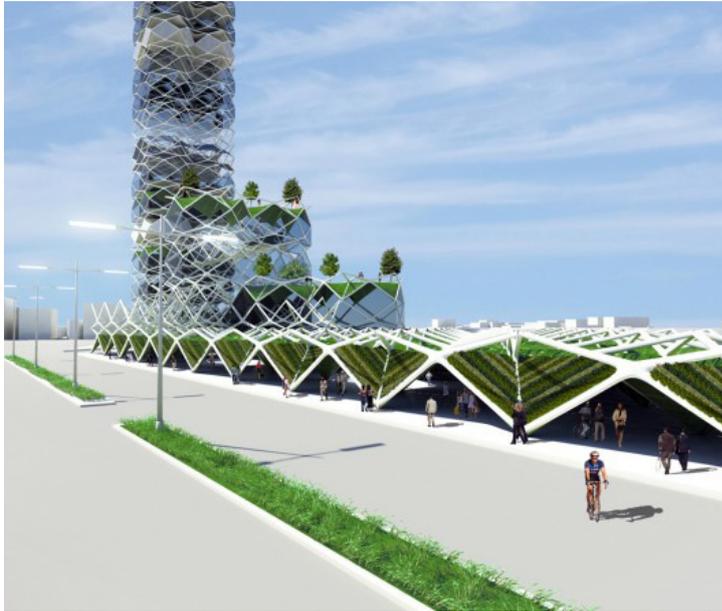


FIG. 28: "Vertical park", arquitectos Jorge Hernandez de la Garza.

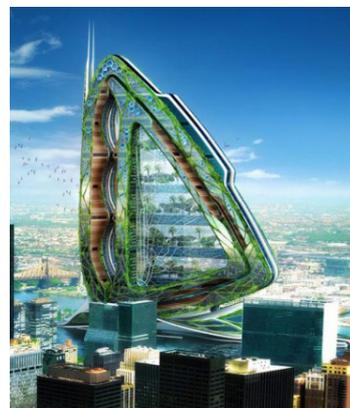


FIG. 29: "Dragonfly vertical farm", arquitecto Vincent Callebaut.

Na arquitectura contemporânea podemos encontrar, com facilidade, ideias que procuram incluir espaços verdes dentro do próprio espaço construído, mas agora de uma maneira mais radical, trazendo jardins, árvores e mesmo quintas de produção de alimentos e de animais. Isto surge devido ao tema da sustentabilidade estar em voga e com o conhecimento da possível escassez de recursos alimentares. Assim, tende a pensar-se não só na inclusão de vegetação e pequenas árvores como também na produção de alimentos, projectam-se quintas em altura, com animais dentro de um contexto urbano, algo nunca antes projectado. São ainda ideias e projectos muito embrionários, como o “*vertical park*” dos arquitectos Jorge Hernandez de la Garza, “*harvest green Project*” dos Romses architects, o “*dragonfly vertical farm*” de Vincent Callebaut, “*Plantagon’s vertical farm*” de Karen Cilento, ou mesmo a “*pig city*” dos conhecidos MVRDV. Apesar de serem propostas que ainda apresentam muitas dificuldades de execução e mesmo eficiência, é importante começar por algum lado e, mesmo que seja considerado por muitos como controverso e inútil, só com a experiência e a sua aplicação na prática da construção, se poderá garantir o seu sucesso ou fracasso.

Estes novos projectos remetem para o debate, novamente, para a questão do significado real de natureza em relação ao espaço construído: será o caminho da sustentabilidade o de “falsear” o mundo natural? Estaremos a criar uma espécie de novo “*ar condicionado*” que vem resolver os problemas que temos? O homem, por ser possuidor de inteligência tenta sempre responder às questões problemáticas com tecnologia, isso é, com certeza, algo que hoje já não podemos evitar.

Philip Ursprung considera que a partir do século XIX só existem duas maneiras de representação da relação entre arquitectura e natureza. Por um lado, ambas são complementares: a arquitectura pode reflectir ou imitar a natureza. Um emoldurar, da natureza que pode ser reconhecido no “*Crystal Palace*” de Joseph Paxton da “*Great Exhibition*” de 1851 em Londres. Neste exercício, o transepto do edifício teria de ser desenhado de maneira a albergar três velhas árvores. Estas permaneceram no local e a resposta consistiu numa cobertura em vidro. Apesar de ser mantida a natureza, ao mesmo tempo, esta foi “destruída” pela arquitectura.

Por outro lado, o conceito de que a Natureza e a arquitectura estão “*entrelaçadas*

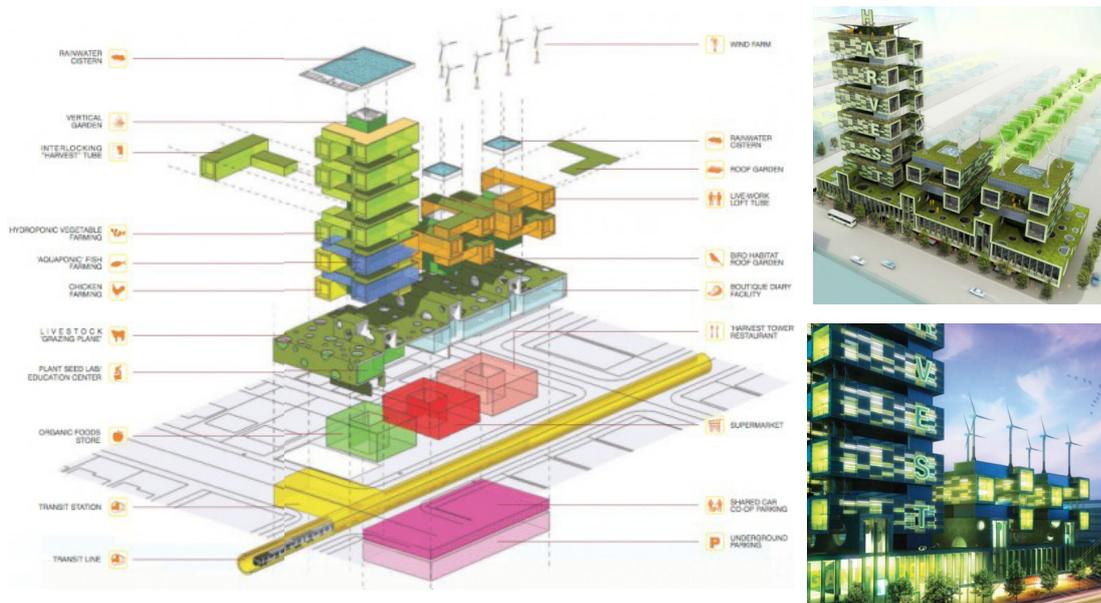


FIG. 30: "Harvest Green Project", arquitetos Romes.



FIG. 31: "Pig City", arquitetos MVRDV.



FIG. 32: "Plantagon's vertical farm", arquiteto Karen Cilento.

*intrinsecamente” e não separadas, “a natureza é tão projectada como o projecto é natural.”*⁴⁸

A noção de natureza, que anteriormente estava associada a origem, hoje é alvo de manipulação por parte do homem. A maneira como a vemos (de uma determinada perspectiva), como a representamos, como a criamos aproximam-na do conceito de arquitectura que organiza o espaço (artificial e natural).

*“O facto de que a Natureza pode ser representada ou, mais precisamente que é impensável sem representação também contém a opção de que pode ser modificada e manipulada. Visto por este ângulo, arquitectura e natureza determinam-se mutuamente.”*⁴⁹

A sustentabilidade pretende que, cada vez mais, as construções se possam igualar aos ecossistemas naturais que não produzem resíduos e que exista um processo em que tudo possa ser reciclado dentro do próprio sistema. Uma arquitectura ecológica em que a relação entre o ser humano e o seu ambiente seja harmoniosa, uma arquitectura que faz com que seja o próprio ambiente construído a levantar as questões sobre a relação das pessoas com a natureza. Será essa uma meta possível? A arquitectura deve, deste modo, começar a reproduzir a Natureza de um modo ético e ecológico.

48 URSPRUNG, Philip – *Natural methaphor: architectural papers III*. p.15 - “nature is just as designed as design is natural.”

49 URSPRUNG, Philip – *Natural methaphor: architectural papers III*. p.11 - “The fact that Nature can be represented or, more precisely that it is unthinkable without representation also contains the option that it can be modified and manipulated. Seen from this angle, architecture and nature determine each other.”



FIG. 33: *Crystal Palace*, Joseph Paxton, 1851.

2.4 O ESPAÇO COMO PALCO DE FLUXOS ENERGÉTICOS [ENERGIA]

Os “*ciclos energéticos*” que tiveram o seu furor durante todo o século XX, foram responsáveis por uma quantidade de mudanças no nível de vida do Homem.

A vulgarização da electricidade e da luz artificial gerou um impacto tão grande nesta época que primeiramente os futuristas pensaram chamar o seu movimento de “electricismo”⁵⁰. O mundo da arquitectura também assumiu a luz artificial como algo que pode alterar a ambiência de um espaço, tornando-se um autêntico material de desenho. É nesta altura que a arquitectura, ao usar a luz artificial, começa a ser vista também durante os períodos nocturnos, mostrando assim, uma faceta de dia e outra de noite.

É a partir da banalização crescente do uso de energia que hoje é necessário repensar a sua utilização, não como algo vulgar, mas sim um meio precioso que deve ser obtido por métodos limpos que não prejudiquem os ciclos e ecossistemas.

A energia é um dos sectores mais importantes quando se fala de arquitectura sustentável devido à quantidade de combustíveis fósseis que são consumidos pelo sector da construção, representando aproximadamente metade de toda a energia consumida em todo o mundo. Assim, como em tudo o que fazemos despendemos energia, “a

50 MONTANER, Josep Maria - *As formas do século XX*. p.220



FIG. 34: Imagem noturna da Terra.

física explica-nos que tudo é fluído e que todos os processos da vida se baseiam no gasto de energia”⁵¹ e que nenhuma construção é excepção, ou seja, não poderia existir sem o uso de energia durante a sua produção, vida e demolição. Contudo, é durante a sua utilização que se pode constatar o maior consumo de energia, devido à necessidade de aquecimento, iluminação e ventilação. Este tipo de energia consumida durante a vida do edifício é chamada de energia de operação que, somada com a energia de construção, resulta na energia incorporada, ou seja na energia total consumida.

A arquitectura está obrigada a responder a este desafio, não só de reduzir os gastos elevados no total de energia do espaço construído, como também deve deixar de ser um mero consumidor de energia, mas, pelo contrário, tornar-se num produtor. Este desafio, em termos energéticos resume-se claramente na produção de energia passiva e activa.

Captação de energia passiva

“É notável que se cobrir a parede com um tapete de lã vai tornar o quarto mais quente, mas se for de linho vai torná-lo mais frio.” ⁵²

A energia passiva compreenda-se, é algo intrínseco à qualidade arquitectónica. Faz parte das regras da arquitectura tirar o melhor partido das condições climatéricas para que o espaço construído tenha um máximo de conforto sem precisar de utilizar elevadas quantidades energéticas. No entanto, e apesar de ser uma condição tão velha como a própria arquitectura, parece ter sido esquecida por comodidades, modas, ou

51 MONTANER, Josep Maria - *As formas do século XX*. p.220

52 ALBERTI, Leon Battista - *On the art of building in ten books*. p.357. – “it is remarkable that if you cover your wall with a woollen tapestry it will make the room warmer, yet, if it is of linen it will make it colder.”



FIG. 35: House of Tomorrow, George Fred Keck, 1934.

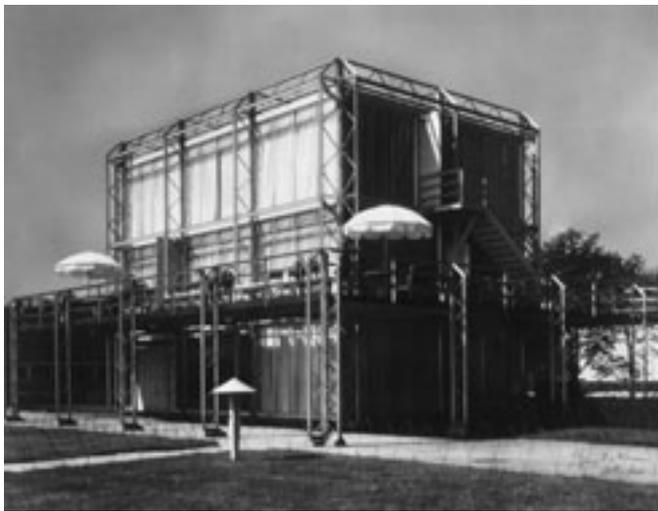


FIG. 36: Crystal House, George Fred Keck, 1934.

estilos. Na opinião do arquitecto Renzo Piano, “(o arquitecto) *sempre que entra num novo local, deve trabalhar com o que tem na mão, senão vai cair na armadilha do estilo. O estilo é uma coisa terrível. O estilo é como uma gaiola dourada, uma marca ou uma dor que se reconhece. Em última análise não é muito interessante, porque um verdadeiro explorador é livre,*”⁵³ a arquitectura não pode ser vítima de estilos, tem de ser verdadeira para com o local, as pessoas e as culturas.

Faz parte da arquitectura sustentável a revisão e nova incrementação destas atitudes de maneira a esclarecer e determinar as melhores estratégias de captação passiva, como um método projectual. Consequentemente, uma boa configuração e estrutura, acabam por ser o melhor contributo para a criação de uma edificação com baixo consumo de energia, através do aquecimento solar passivo e ventilação natural. A abordagem da expressão – aquecimento solar passivo – na sua fase inicial de desenvolvimento foi feita pelo arquitecto George Fred Keck⁵⁴, na Exposição de Progresso de Chicago em 1933-34 onde apresentou a “House of Tomorrow” a casa em forma de bolo de noiva e “Crystal House” a casa em vidro e aço. Keck foi um dos pioneiros no campo do aproveitamento solar passivo e “avant-garde” do design moderno, trabalhando para que o design transmitisse não só conforto térmico mas também conforto visual e estético.

O declínio do tipo de arquitectura de captação passiva teve início aquando da descida do preço dos combustíveis que veio abrir caminho para substitutos como o ar condicionado e aquecimento central. A comodidade deste tipo de sistemas levou os profissionais a esquecer, muitas vezes, as bases que regem a disciplina da arquitectura, tornando-a superficial.

São variados e complexos os factores que determinam um design eficaz na conservação energética pois o que se pretende é conseguir responder às necessidades

53 MATEO, Joseph Lluís; SAUTER, Florian – *Natural metaphor: architectural papers III*. p.167 - “*whenever you enter a new site, you must work with whatever you have at hand, otherwise you will fall into the trap of style. Style is a terrible thing. Style is like a gilded cage, a hallmark or a pain you recognise. Ultimately it is not very interesting, because a true explorer is free,*”

54 (1895-1980) – arquitecto modernista americano



FIG. 37: Biblioteca pública, Landau (1998), arquitectos Lamott. Uma rígida grelha de madeira montada em frente à fachada de vidro proporciona sombreamento



FIG. 38: Edifício de administração em Wiesbaden, Herzog e Partners. Sistemas de sombreamento que redireccionam a luz solar.

de aquecimento, iluminação e ventilação, portanto, carências elementares.

Tendo em conta um espaço construído específico, o acesso de radiação solar directa é determinado não só pela posição solar relativamente às fachadas principais do edifício mas também pela orientação e o declive, por obstruções existentes no local e por potenciais obstruções nas imediações do terreno. O microclima⁵⁵, a orientação e forma de um edifício são três das grandes preocupações do arquitecto, que deve excluir, à partida, modelos globais, mas sim corresponder às necessidades locais. Actualmente existem cada vez mais tentativas globais de harmonização de regras propensas a definir princípios relativos à construção sustentável. É de salientar que, apesar de se deverem cumprir essas normas, se deve ter em atenção o local de intervenção, tendo em conta, o seu clima, geografia, ou factores tecnológicos. A famosa frase “*Think global, act local*” de Buckminster Fuller⁵⁶ usada em vários contextos, como no debate sobre o meio ambiente ou mesmo na actividade económica, vem reforçar esta ideia revelando um outro aspecto que diz respeito ao desenvolvimento cuidado e ao empreender de medidas locais que vão beneficiar globalmente tudo e todos.

A construção passiva depende muito do conhecimento do meio envolvente e a correcta exploração do espaço construído pode reduzir em grande parte gastos no aquecimento e arrefecimento de edifícios.

Na sua grande maioria, o aquecimento é a energia dominante usada tanto em habitações como em edifícios comerciais. Para minimizar as necessidades de aquecimento auxiliar, os edifícios devem ser construídos de maneira a captarem a máxima radiação solar retendo calor dentro do edifício. Durante o verão, a situação inverte-se e pretende-se reduzir ao mínimo a radiação solar. Sabendo à partida que os edifícios não podem ser modificados em termos construtivos em função das diferentes

55 O envolvente da construção é a zona de transição entre interior e exterior, onde existe um certo escoamento necessário a modificar as condições exteriores do local, que é o microclima, ou seja o clima localizado. A temperatura, vento e humidade que constituem o microclima podem ser imensamente afectadas por características como vegetação, topografia e exposição solar.

56 Fuller, nos anos 20 começou por desenvolver conceitos de arquitectura móvel, a serviço das tropas militares dos Estados Unidos onde desenvolveu estruturas que serviam como protecção para o melhor funcionamento de radar de antenas, mais tarde teve a oportunidade de criar o seu melhor trabalho; o pavilhão americano para a Expo de 1967 em Montreal, o objecto intitulado de Biosphère, que pretende criar uma esfera com um ambiente natural autónomo.

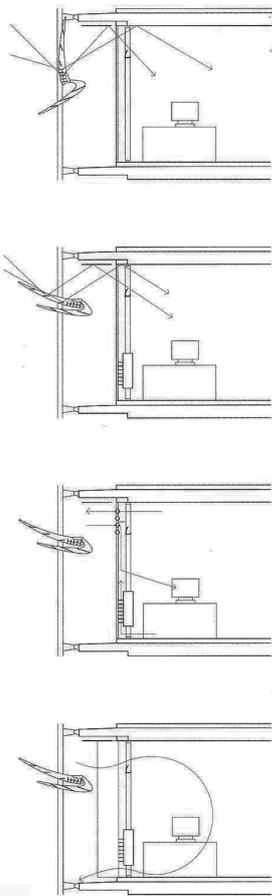


FIG. 39: Edifício de administração de Wiesbaden, Herzog e Partners. De cima para baixo, da esquerda para a direita: Conjunto de escritórios. Sombreamento da fachada sul: 1-Sombreamento de radiação directa, 2-Sombreamento em dias nublados, 3- Ventilação natural controlada e regulada, 4- Ventilação livre com aberturas. Pormenor do sistema de sombreamento.

estações, como se pode concretizar um desenho equilibrado para todo o ano?

O planeamento é muito mais fácil tendo em conta a captação de calor do que o seu contrário, pois não existem fontes de refrigeração natural tão poderosas como acontece com o calor do sol.

As estratégias arquitectónicas de arrefecimento, durante o período de verão, podem ser diversificadas e ter muito a dizer na prevenção do principal factor de desconforto durante os períodos quentes que é o sobreaquecimento. Este consiste na passagem de radiação solar, dentro de um espaço fechado para a condição térmica de calor.

Os elementos construtivos como a cobertura, as paredes, a forma do edifício, a qualidade de vidros ou mesmo a cor das fachadas, quando mal utilizados, podem contribuir para o sobreaquecimento dos espaços interiores. Para além destes, também a redução da humidade relativa, o incremento de velocidade do ar e a incorporação de superfícies frias, são mais-valias na prevenção da sensação de desconforto perante o calor.

A ventilação é muito eficaz no combate ao sobreaquecimento. É também a estratégia utilizada nos edifícios de alta tecnologia porque a renovação do ar permite que este mantenha uma temperatura agradável, sendo usados sistemas como os já referidos: chaminés de vento ou pás de vento.

Outra estratégia utilizada para o arrefecimento directo é a implementação de espaços verdes, ou quando esse caso é impossível, somente plantas de vaso que podem ajudar a reduzir a temperatura, criação de pátios ou, em casos de calor extremo, construções subterrâneas.

Uma estratégia que é considerada fundamental na prevenção de sobreaquecimento é o correcto sombreamento de vidros e a sua escolha dependendo do seu valor de transmissão. Os protectores solares podem ser colocados na horizontal, vertical, serem fixos ou móveis e podem ser toldos ou persianas. Normalmente, se é um clima quente, este tipo de infra-estrutura deve estar colocado no exterior, pois se for colocado no interior não irá impedir em nada a entrada de calor, impede somente a radiação solar.

O edifício de escritórios em Wiesbaden do arquitecto Herzog utiliza um sistema



FIG. 40: Casa em Regensburg, Alemanha, arquiteto Thomas Herzog (1977-79).

de sombreamento interessante. Este complexo procura responder às exigências postas que englobavam uma eficiente economia de meios durante a construção e uso e uma consciência ambiental ligada à energia. Energeticamente eficaz, este complexo torna-se especial devido à incorporação de superfícies metálicas nas fachadas, únicas, que permitem a regulação de luz. Do lado norte, os elementos direccionam a luz zenital através do telhado para as zonas profundas do espaço. No lado Sul, estes elementos não são estáveis, podendo alterar a sua posição consoante as necessidades. Quando o dia estiver nublado, em analogia ao lado norte move-se para reflectir luz no telhado direccionado para o interior e, durante os dias de sol, os componentes mudam para a posição vertical, no intuito de proteger da radiação.

Na fronteira do interior/exterior, tanto as paredes como a cobertura (que é o local que recebe mais radiação de toda a estrutura do edifício) por causa do perigo de sobreaquecimento, devem ser de cores claras e de preferência ser permitida a ventilação das mesmas através do sistema de dupla pele, em que entre as duas peles existe uma caixa-de-ar que ajuda na circulação do ar. Outra solução poderá ser a inclusão de uma cobertura vegetal. São vários e antigos os exemplos de casas com cobertura ajardinada. Também Le Corbusier aplicava em muitos dos seus projectos este tipo de cobertura e em 1926 afirmou como um dos 5 tópicos⁵⁷ de uma nova arquitectura, que previa um telhado coberto de plantas permitindo restituir a área coberta pelo edifício no chão.⁵⁸

“Olhemos para um exemplo de uma zona de clima extremo: por debaixo da sua branca, translúcida pele, ursos polares têm uma pele preta. O pelo da pele guia os raios solares para a pele preta, que é aquecida por estes. Mas o pelo não só transporta o sol para o

57 PORTEOUS, Colin - *The new eco-architecture: alternatives from the modern movement*. Le Corbusier's Five Points:

- 1 - piloti...continuity of view...no basement...freeing the building from the ground
- 2 - roof garden...giving back ground in air
- 3 - free plan...enabled by structural continuity
- 4 - free façade...multiple options of materiality
- 5 - horizontal windows...even/abundant light

58 PORTEOUS, Colin - *The new eco-architecture: alternatives from the modern movement*. p.138.

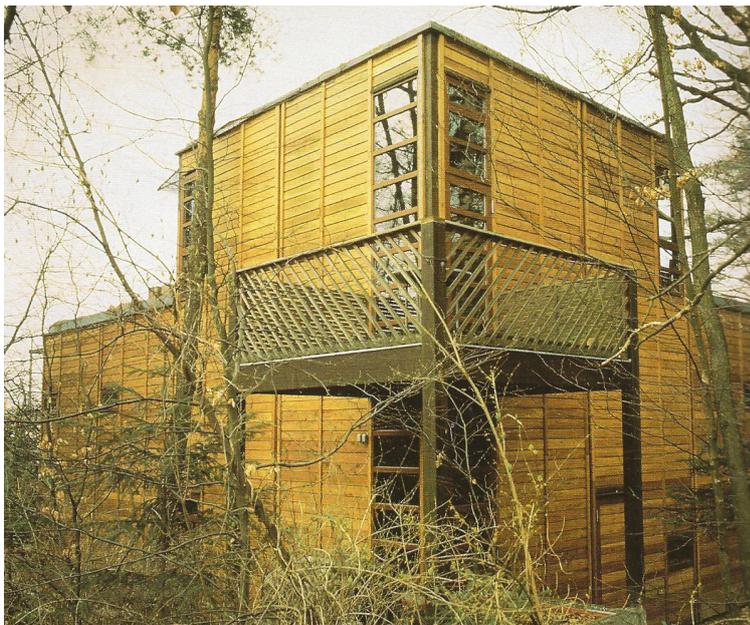


FIG. 41: Casa em Waldmohr, Alemanha, arquiteto Thomas Herzog (1982-84).

corpo, também age como uma camada de isolamento.”⁵⁹

As estratégias de aquecimento do espaço construído são variadas, embora existam três sistemas que podem ser os principais produtores de calor para o espaço construído. O primeiro, em que todos os outros se baseiam é o chamado de “efeito de estufa”, e consiste no processo em que a radiação solar, ao incidir sobre um vidro, pode atravessá-lo, reflectir ou ser absorvida por ele. O vidro mostra-se, assim, permeável ao calor que permite a entrada de energia mas não a saída, aquecendo, conseqüentemente, o espaço interior. Quando são construídos espaços com uma grande percentagem de vidro em contacto com os raios solares, o espaço tem tendência a aquecer muito mais. Thomas Herzog em 1977 projectou uma habitação em Regensburg, na Alemanha, que aplica este sistema de estufa, pois utiliza uma grande cobertura de vidro inclinada a sul que vai permitir o aquecimento até às divisões mais afastadas da fachada. Para além de explorar o aproveitamento passivo neste projecto, tenta também uma boa integração com o espaço natural que rodeia a habitação, usando vigas em madeira e forrando o chão com pedra calcária natural. O predomínio de materiais leves ajuda na permeabilidade entre edifício e natureza. Este projecto aplica também o princípio da casa dentro da casa. O sistema seguinte é, portanto, chamado de sistema de dupla pele. Este, como o próprio nome indica, consta numa segunda pele, que cobre o espaço construído.

Resume-se à composição de todos os espaços com duas camadas em que no meio existe uma caixa-de-ar e para que o ar circule sem impedimentos, esta deve ser, no mínimo, de 20 cm.⁶⁰ Para que este esquema funcione, é essencial que a parede interior tenha uma certa massa absorvente de calor e que a pele exterior esteja bem isolada para não perder calor. Uma habitação em Waldmohr, também do arquitecto Thomas Herzog, usa este princípio da casa dentro da casa, em que o sistema funciona através da colocação dos espaços que requerem temperaturas mais elevadas (como casas de banho) no centro da habitação, estando assim rodeados por outros que não precisam tanto de aquecimento. A estética espelha a vontade de integração com o ambiente

59 JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p. - “Let’s look at an example from an extreme climate zone: beneath their white, translucent fur, polar bears have black skin. The hair of the fur guides the solar rays to the black skin, which is warmed by them. But the fur does not only transport sun to the body, it also acts as an insulation layer.”

60 NEILA GONZÁLEZ, F. Javier - *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. p.271

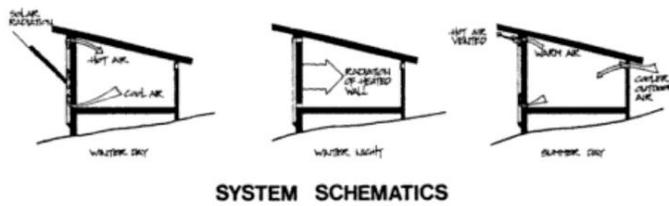
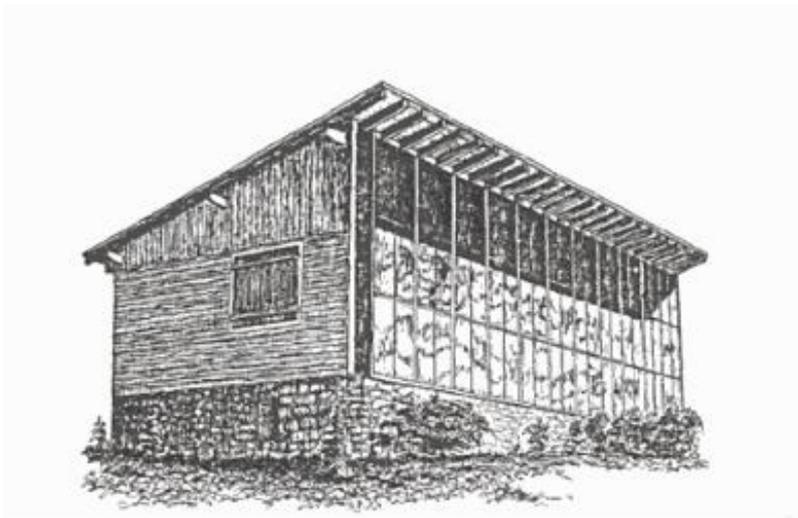
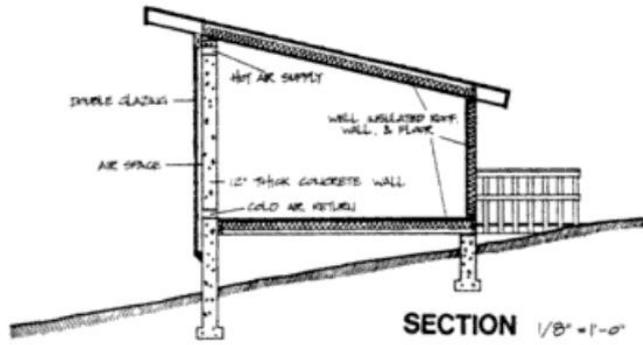


FIG. 42: Casa em Odeillo, França, arquitetos Félix Trombe e Jacques Michael (1968).

natural exterior, como as paredes de madeira e o telhado verde.

O último sistema, a parede trombe, nome que provém do seu inventor, Felix Trombe, funciona como o sistema de efeito de estufa mas numa escala muito mais reduzida, trabalhando como “aquecedor natural” do espaço sempre que haja sol no Inverno. Esta é composta, normalmente, por uma parede que deve ser exposta ao sol (preferencialmente de sul) com uma cor escura absorvente do lado exterior, seguido de uma caixa-de-ar, (20 mm) fechada por um vidro duplo que permite a transmissão dos raios solares.

A Parede de Trombe executa, assim, três funções: a captação directa de radiação solar através do vidro; a sua acumulação na parede e finalmente a distribuição na forma de ar quente para dentro do espaço.

Este método contribui para a redução das necessidades energéticas de aquecimento e, para evitar efeitos contrários no verão, podem ser feitas pequenas alterações mudando, assim, o seu funcionamento. Em primeiro lugar altera-se a circulação de ar do interior, levando-a para o exterior. Como medida secundária, escolhem-se maneiras de proteger a parede e vidro (como persianas ou toldos) durante as horas de sol para evitar o aquecimento e retiram-se durante a noite, para permitir o seu arrefecimento.

A primeira casa experimental com uma parede de trombe foi construída pelos seus autores, Félix Trombe e Jacques Michel em 1968 em Odeillo, França. A casa é orientada num eixo norte-sul em que a parede a sul é massiva, escura e de betão. Entre esta parede e uma camada de vidro duplo, existe uma caixa de ar em que o ar do espaço construído entra e sobe aquecendo o interior da habitação, havendo pontos de entrada no topo e no chão que permitem ser ajustados (fechados ou abertos) conforme as necessidades. Para que o sistema funcione, o resto da estrutura encontra-se bem isolada. Nos períodos de maior calor, o beiral do telhado impede o aquecimento desnecessário da parede a sul e com a ajuda de respiradouros que abrem para o exterior, é possível fazer com que a parede liberte o calor indesejado.⁶¹

Para além destes dois sistemas, existem elementos complementares da

⁶¹ LEE, KAIMAN- *Encyclopedia of energy-efficient building design*. p.634.

[est]ética sustentável

construção de edifícios que também são intervenientes no processo passivo de procura de conforto.

*“A captação solar não poderia acontecer sem janelas numa estrutura de ganhos directos, os envidraçados não são o único elemento necessário para um aquecimento solar bem sucedido. Assim como outros sistemas de captação solar, o edifício tem de ter um elemento de acumulação térmica (a massa do edifício), um sistema de distribuição (a planta arquitectónica), uma barreira térmica ao tempo (o isolamento do edifício), e um sistema seguro de aquecimento. Cada um destes elementos complementa o outro e cada um contribui para o conforto térmico em aspectos importantes.”*⁶²

A inércia térmica refere-se às transferências de calor por parte dos materiais de construção que fazem parte da estrutura de um edifício. A radiação solar recebida por estes materiais vai permitir que, após a sua absorção e lenta libertação (normalmente feita durante a noite) forneça ao espaço interior uma certa quantidade de conforto térmico. Os materiais que mais facilmente absorvem o calor são os pesados, como o betão e os tijolos porém, não só a alvenaria como também outros elementos como contentores de água ou “phase-change material”⁶³, devem ser posicionados convenientemente em relação à luz que entra pelas janelas para que o processo termine com sucesso. Para qualquer tipo de captação de energia, seja ela directa (energias renováveis) ou indirecta (aproveitamento passivo), se não for garantida uma correcta captação, acumulação e distribuição, o sistema não irá funcionar. As três dependem umas das outras e mesmo que apenas uma falhe, todo o sistema falhará também.

⁶² JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p. 65. - “Solar collection could not take place without windows in a direct-gain structure, yet glazing is only one of the elements necessary for successful solar heating. Like any other solar collecting system, the building must have a thermal storage element (the building mass), a distribution system (the architectural plan), a thermal barrier to the weather (the building insulation), and a back-up heating system. Each of these elements complements the other and each contributes to thermal comfort in important ways.”

⁶³ O “phase-change material” é, assim como a própria palavra o traduz, uma substância com elevadas características de absorção e libertação de calor que, ao solidificar ou derreter, mudando de estado físico a uma certa temperatura, é capaz de armazenar e soltar grandes quantidades de energia. Qualquer material que muda de estado de sólido para líquido, ou de líquido para gás, absorve grandes quantidades de calor durante o processo.

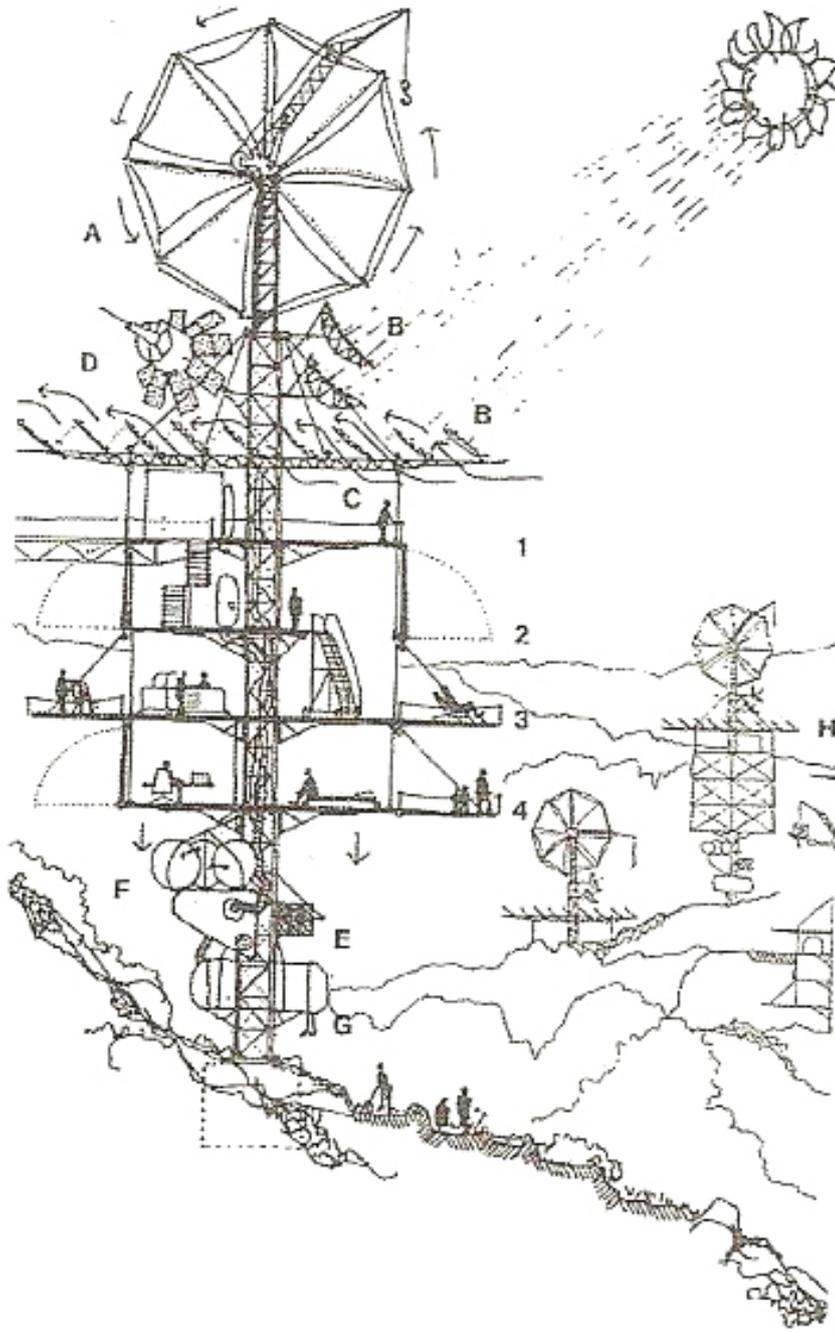


FIG. 43: “Casa autónoma”, Aspen, Colorado, arquitecto Richard Rogers, 1978. A ideia de edifícios autónomos operados por recursos energéticos renováveis.

Captação de energia activa

Mesmo que um edifício seja desenhado através de um planeamento passivo e consiga obter resultados excelentes, não é possível usá-lo sem o recurso à energia. Será sempre necessária para iluminação nocturna, para operar máquinas e equipamentos, para obter água quente, entre outros.

Contudo, para reduzir a quantidade de libertação de CO₂, torna-se essencial a utilização de energias renováveis para alimentar estes gastos, ou seja, utilizar as principais fontes de energia renovável: a energia solar, a eólica e a geotérmica. Todas podem ser aplicadas no edifício ou no seu meio envolvente, produzindo energia para os seus utentes ou, no caso da produção exceder o consumo próprio, poderá ser exportada para a rede de electricidade comum. Em teoria, estas fontes de energia poderiam satisfazer as exigências energéticas de todo o mundo.

Até aqui tudo parece fácil, mas os problemas são muitos. O primeiro problema consiste nas condições de armazenamento e distribuição deste tipo de energia de maneira a que esteja sempre disponível para ser utilizada em diferentes tarefas, em todo o edifício. Outro problema associado às energias renováveis e talvez o que mais limita a sua expansão é a relação preço/lucro. A tecnologia de ponta destes aparelhos, por ser relativamente nova, é ainda muito cara. Um investimento deste tipo de energia implica custo de material de instalação e de manutenção (apesar do custo de manutenção não ser muito significativo). Hoje em dia, devido ao baixo custo da electricidade, é ainda difícil combater a energia proveniente de combustíveis fósseis. Em média, um sistema deste tipo demorará largos anos a compensar o investimento.

Assim como já assistimos no passado, também no futuro se prevêem crises energéticas. Só quando o valor da energia (proveniente de combustíveis fósseis) aumentar, o preço dos sistemas de energia renovável serão, finalmente, competitivos no mercado.

Estes obstáculos ao progresso e expansão das energias renováveis são também provocados pela falta de consciencialização, de conhecimento e por obstáculos técnicos.



FIG. 44: Estação de comboios Lehter em Berlim (2003), de Gerkan Marg e Partners. Os módulos do sistema fotovoltaico são integrados no telhado de vidro e também servem como sistema de sombreamento.



FIG. 45: Escritórios do serviço de repartições de finanças de Munique (2003), Bernhard Peck. Módulos fotovoltaicos montados em grelhas de sombreamento.

Em relação ao espaço construído, a energia renovável pode implementar-se de diversos modos: no próprio edifício, na zona envolvente ou extraída de um local que a transporta através de canais. As duas primeiras opções são as que têm mais interesse na óptica da arquitectura e, para que sejam aplicadas, devem ser pensadas numa fase muito embrionária do projecto, não só para garantir a sua eficácia na obtenção e distribuição de energia como para estarem adequadamente incluídas no projecto, de maneira a criar uma estética satisfatória. A escolha do tipo de energia vai depender das condições do lugar e a partir daí as decisões de desenho, feitas pelo arquitecto, são fundamentais na sua aplicação efectiva.

Energia solar

Das três fontes de energia que serão analisadas - solar, eólica e geotérmica, - a energia solar é, sem dúvida, a que se apresenta como a grande promessa energética.

“O nosso planeta recebe mais energia solar em 30-40 minutos, do que a humanidade usa num ano.”⁶⁴

Em países como Portugal, onde existem grandes quantidades de sol, a energia solar pode ser fundamental para reduzir as emissões de CO₂ e gerar electricidade de variadas maneiras. Seguidamente, serão sistematizados os sistemas de captação desta preciosa fonte energética.

O método mais conhecido é o composto por painéis fotovoltaicos. Estes, são aparelhos que convertem luz em electricidade e a capacidade das células de converter luz em electricidade é definida por Watts.

Para se conseguir compreender e comparar as diferentes alternativas disponíveis no mercado, é preciso conhecer as medidas de energia produzidas por kilowatt/hora. No sistema fotovoltaico, os custos primários podem depender de dois parâmetros: a eficiência de conversão do sistema e o custo por unidade de watt. Estes dois parâmetros

64 LIPTÁK, Béla - *Post-oil energy technology: the world's first solar-hydrogen demonstration power plant*. p.77.
- “Our planet receives as much solar energy in 30-40 minutes as humankind uses in a year.”

[est]ética sustentável

são a base indicativa da competitividade económica da electricidade por painéis fotovoltaicos⁶⁵. No entanto, como comportam um elevado custo, antes da sua aquisição, devem ser feitas estimativas que incluam a quantidade de energia que poderá ser obtida; qual é a sua vida útil tendo em conta a do edifício, e em quanto tempo ultrapassará os custos de compra. Considerando que se torna compensatória a aquisição destes painéis, em termos financeiros, cabe ao arquitecto a sua inclusão como qualquer outro requisito do cliente.

Quando se imagina num sistema de painéis fotovoltaicos, temos tendência a pensar em técnicas de ponta e relacionada com esta imagem está uma estética de modernidade acompanhada de brilho e glamour. Esta ideia que lhe está associada faz com que sejam muitas as empresas que querem os seus edifícios “forrados” com painéis fotovoltaicos, pelo seu aspecto tecnológico, moderno e por transmitir uma filosofia ambiental associada a energias limpas e renováveis.

Ao contrário dos sistemas energéticos tradicionais, os painéis fotovoltaicos apresentam algumas características menos positivas como o seu elevado custo de instalação e baixo uso. Também a captação de energia nem sempre é fixa, pois a luz solar é descontínua, e ainda porque existem algumas barreiras no armazenamento da electricidade por eles gerada. Contudo, no que diz respeito às suas características de captação, em dias com menos radiação e mesmo nebulosidade, o autor R. Patel Mukund explica que:

“... O módulo fotovoltaico consegue produzir até 80% do seu poder pleno de sol. Pode produzir cerca de 30% de energia mesmo com pesadas nuvens num dia extremo de nebulosidade. A neve não costuma ficar retida no módulo, porque este está virado para apanhar o sol. Se apanhar neve, derrete rapidamente. Mecanicamente, o módulo é projectado para resistir a granizo do tamanho de bolas de golfe.”⁶⁶

⁶⁵ A energia produzida durante o fabrico dos painéis é recuperada em média em 5 anos de funcionamento e a sua vida útil ronda os 20 anos.

⁶⁶ PATEL, Mukund R. - *Wind and solar power systems: design, analysis, and operation*. p.21. - “... The PV module can produce up to 80% of its full sun power. It can produce about 30% power even with heavy clouds on an extremely overcast day. Snow does not usually collect on the module, because it is angled to catch the

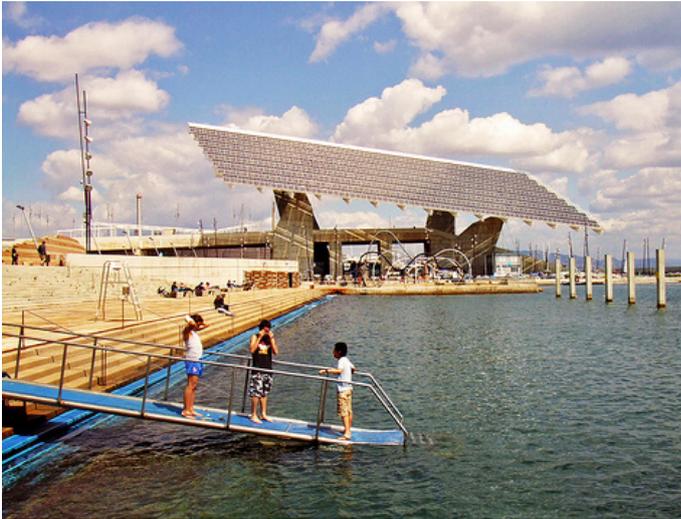


FIG. 46: Pergola, Fórum Barcelona, 2004 dos arquitectos Martínez Lapeña e Elías Torres.

Comparando com outras energias renováveis, a energia solar é aquela que mais facilmente se pode adaptar à habitação. É estática, não necessita de altas torres e não produz qualquer tipo de barulho ou vibração.

A indústria deste tipo de sistemas está em constante evolução e no futuro próximo será possível a colocação de telhas com especificidade de painéis fotovoltaicos em coberturas substituindo vidros normais por vidro composto onde são incorporadas células fotovoltaicas, material que já existe no mercado em Portugal.⁶⁷ Aparecem também células fotovoltaicas de pequeníssimas dimensões (thin-film technology) que, por isso, necessitam de menores quantidades de material e que conseguem captar luz mesmo em fraca emissão e podem ser facilmente maleáveis para criar formas curvas.

Foi construído um monumento à energia solar composto por uma central de painéis fotovoltaicos, que para além de recolher grandes quantidades de energia renovável, pretendeu intervir no planeamento urbano criando um marco para a cidade que foi concretizado no contexto do Fórum 2004 de Barcelona. A pergola desenhada pelos arquitectos espanhóis, Martínez Lapeña e Elias Torres é uma mega estrutura suportada por quatro grandes pilares com diferentes alturas (a mais alta com 50 m) que suportam uma área de 3410 m² de geradores fotovoltaicos⁶⁸. Esta estrutura permitiu não só o rendimento de energia como também ajudou no planeamento de uma zona, criando espaço de valor.

Mas a luz não é a única fonte de energia do sol, também o calor pode ser absorvido para criar energia. Os sistemas solares térmicos captam a radiação solar e usam-na a temperaturas baixas ou elevadas. Pode ser utilizada a temperaturas baixas no aquecimento de quartos e da água, tanto para edifícios habitacionais como em maior escala. A temperaturas elevadas transformam o calor em vapor, que serve para activar os geradores eléctricos. Os colectores solares térmicos são aparelhos diferentes dos painéis fotovoltaicos. Normalmente, são compostos por uma cobertura de vidro, por isso, transparente que permite a introdução de radiação que vai incidir sobre uma

sun. If snow does collect it, it quickly melts. Mechanically, the module is designed to withstand golf-ball-size hail.”

67 Comercializados pela empresa Donauer Solar Systems (empresa alemã).

68 PERPIÑÁN, O. [et. al] – Forum solar: a large pergola for forum 2004 [Em linha]



FIG. 47: Complexo Habitacional em Zurique, 2001, arquitectos Beat Kampfen. A balastrada da varanda é composta por colectores de tubo vácuo.



FIG. 48: Edifício híbrido em Schwarzach, Vorarlberg, Lenz Kaufmann, 1999. Colectores solares planos integrados na balastrada do pátio.

placa feita de um material com boas características de absorção, que retém a radiação e também emite uma energia menos energética, infravermelha. Com a ajuda do vidro, que é impermeável a esta energia emissora infravermelha, o processo de aquecimento é mais rápido.

Existem duas maneiras de absorver o calor: pela água ou ar, respectivamente colectores de tubo de vácuo e colectores planos. Para que possam ser explorados ao máximo, deverá existir uma instalação que permita o armazenamento de calor durante a época quente de verão para que possa ser utilizado durante os períodos mais frios, durante o resto do ano. Os colectores de tubos de vácuo podem ter uma infinidade de respostas no desenho, embora, na sua grande maioria, seja utilizado um sistema que é montado no telhado ou nas paredes do edifício. Um exemplo interessante que foge à regra é o conjunto habitacional em Zurique, construído em 2001 pelo arquitecto Beat Kämpfen, em que os tubos colectores compõem a balaustrada da varanda. Neste caso, em que são aplicados em fachadas, é preciso um cuidado acrescido com o isolamento.

A energia eólica

*“Sob a influência da variação contínua da pressão atmosférica que existe no nosso planeta, o ar nunca pode estar parado, está em constante movimento. O resultado da corrente de ar é o vento.”*⁶⁹

A energia captada através do vento remonta a tempos distantes. Da história podemos confirmar que os moinhos de vento existem desde a antiguidade persa, no Iraque, Egipto e China. E só mais tarde, na época Medieval chegou à Europa, nomeadamente a países como Itália, França, Espanha e Portugal.⁷⁰ Eram, maioritariamente, utilizados para moer grãos e bombear água. A grande maioria dos moinhos desta época foram

69 LE GOURIÉRÈS, D. - *Wind power plants: theory and design*. p.65. - “Under the influence of the continual atmospheric pressure variations which exist on our planet, air can never be still but, is constantly moving. The resulting air current is the wind.”

70 LE GOURIÉRÈS, D. - *Wind power plants: theory and design*. p.12.



FIG. 49: Proposta de incorporação de turbinas eólicas de pequena escala num edifício.



FIG. 50: Modelo de pequenas turbinas da AeroVironments, empresa americana.

abandonados, mas ainda existem alguns sobreviventes que, apesar de já não operarem com as suas funções habituais, ainda encantam paisagens e atraem turistas.

Para uma eficaz captação de energia eólica, o técnico responsável deve compreender os padrões e movimentações do vento no local onde será implantado, tendo em conta não só a sua direcção mas também a velocidade. Os padrões de movimento dos ventos são criados devido ao aquecimento desigual e à rotação da Terra. Perto do Equador, o ar sobe e para o substituir movimenta-se também à superfície. Disto resultam dois circuitos: uma corrente entre 30° latitude norte e sul do equador move-se de leste para oeste, enquanto que os ventos predominantes são de oeste para leste entre 30° e 60° norte e sul do equador.⁷¹

Quando pensamos em energia eólica, lembramo-nos imediatamente de grandes postes com lâminas a girar na paisagem. No entanto, a energia eólica já é muito mais do que isso. Devido ao elevado número de diferentes turbinas existentes no mercado, já é possível instalar alguns modelos em habitações rurais ou mesmo num contexto urbano. O mercado de turbinas de pequena escala está em franco progresso, o que permite uma inclusão adaptada à escala do edifício. Estas turbinas de pequena escala variam entre 5 e 20 kW de potência. Para este cenário, em que existe ambiente construído a alterar o fluxo do vento normal, é preferível a utilização de turbinas de vento com eixo vertical⁷² pois este tipo não é afectado por mudanças de direcção e turbulência do vento, podendo ser incorporadas em telhados ou paredes. A Universidade Tecnológica de Delft desenvolveu um estudo que admite 4 condições diferentes para que as turbinas sejam eficientes no ambiente construído, denominando-se de: “*wind catchers, wind collectors, wind sharers e wind gatherers*”. Estas turbinas servem para os diferentes efeitos e velocidade do vento.⁷³

No entanto, estas turbinas apresentam algumas desvantagens entre as quais se salienta: a necessidade de um alto mastro; uma boa fundação de apoio; o factor visual

71 PATEL, Mukund R. - *Wind and solar power systems: design, analysis, and operation*. p.35.

72 Actualmente, as máquinas usadas para produzir electricidade através de vento podem ser divididas em dois grupos: as de eixo horizontal e as de eixo vertical.

73 SMITH, Peter F. - *Architecture in a climate of change: a guide to sustainable design*. p.81



FIG. 51: *World Trade Centre* em Bahrain, do arquitecto Shaun Killa. Inclui três turbinas eólicas entre as torres.

e também pela grande variação e diversidade da direcção e velocidade de vento, sendo necessário que se proceda a frequentes mudanças na orientação.

O primeiro arranha-céus que inclui turbinas de vento é o World Trade Center em Bahrain, um dos edifícios mais altos do país. Com 240 metros de altura, este edifício de duas torres gémeas, que foi projectado pelo arquitecto da África do Sul, Shaun Killa, é o primeiro arranha-céus que inclui na sua estrutura três turbinas de vento e por isso recebeu dois prémios no campo da sustentabilidade: o 2006 LEAF Awards para o “melhor uso da tecnologia dentro de um esquema de grandes proporções” e o Prémio do Mundo da construção árabe “sustainable design award”.

As turbinas estão apoiadas em três pontes que ligam as duas torres cada uma com a sua turbina que tem uma potência de 225kW e mede de diâmetro 29 metros.⁷⁴ Estão viradas para norte de onde vem o vento do Golfo pérsico. A forma de vela das torres serve para afunilar o ar que passa entre elas para que haja um máximo de aproveitamento por parte das turbinas. Espera-se que estas forneçam 10 a 15 % do consumo total de energia das torres.

As centrais eléctricas de turbinas de vento são, na maioria das vezes, muito bem aceites pela população em geral quando expostas na paisagem, ao contrário do que acontece com os postes de alta tensão ou infra-estruturas semelhantes. Essa simpatia está relacionada, provavelmente, com o facto de estas serem associadas às energias limpas e à preservação do ambiente. Mas nem todos os lugares estão disponíveis. Por vezes, em locais muito favoráveis em termos de ventos como na costa, não é permitido alterar a paisagem (devido à beleza e riqueza do património).

As únicas desvantagens que estas centrais apresentam é a de que na maioria das vezes se encontram longe dos centros populacionais, o que torna a sua energia menos eficaz. Também são contestadas por defensores dos animais, nomeadamente de pássaros e para além disso, a sua produção é imprevisível. Todavia, as turbinas de vento têm de ser reconhecidas principalmente pelos aspectos positivos: não poluem, são fidedignas e de pouca manutenção e o recurso usado é limpo e infinitamente renovável.

⁷⁴ <http://www.inhabitat.com/2007/03/28/bahrain-world-trade-center-has-wind-turbines/>

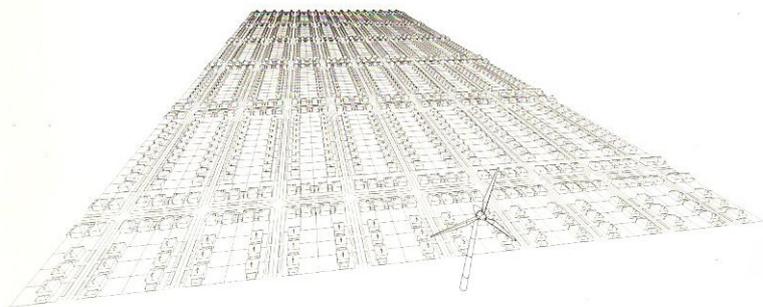


FIG. 52: Projecto de design de turbinas de vento do arquitecto Norman Foster.

Existem muitos arquitectos que projectam objectos do nosso quotidiano, como peças de mobiliário ou mesmo de loiça. O arquitecto Norman Foster dedicou-se ao projecto de um objecto em maior escala: uma turbina de vento para uma empresa alemã, a Enercon. Esta companhia fornece turbinas de vento para vários países entre os quais Portugal, e é conhecida pela eficiência e inovação no seu trabalho.

Na opinião do arquitecto este tipo de instalação obriga a ter responsabilidade em dois campos de intervenção; a sua eficácia a níveis ecológicos e o impacto visual que gera na paisagem onde será inserido.⁷⁵

A proposta da equipa de Norman Foster visa responder a estas duas premissas. Basicamente a turbina é composta por três partes: rotor giratório, o gerador e a torre. Em conjunto, estes elementos formam uma geometria natural parabolóide, como por exemplo, a caixa onde se encontra o gerador é desenhada em forma de gota e as torres, que têm uma altura de 100 metros são compostas de aço prefabricado (relativamente leves). Tem como objectivo facilitar o seu transporte e rápida montagem. São de secção decrescente (de cima para baixo) o que faz com que haja uma maior transição de cargas dinâmicas para o solo e também que a turbina ocupe menos área, no chão. As torres têm também as bases pintadas com anéis verdes para que se possam confundir com a paisagem. Para além da forma, também a sua eficácia foi amplamente estudada e confirma-se ser bastante eficiente do ponto de vista da engenharia.

Uma outra proposta curiosa e completamente inovadora é a “barragem de vento” (wind dam) projectada pelo arquitecto Laurie Chetwood para um lago, no noroeste da Rússia.

A barragem consiste numa vela, semelhante à de um iate, que capta o vento, transformando-o em energia, através de uma turbina.

Mede 75 metros de largura e 25 metros de altura. O seu desenho gerou críticas e também dúvidas sobre o seu funcionamento e sobre os seus custos de manutenção.

O criador, Chetwood, explica que esta maneira de capturar a energia do vento é mais eficaz do que a que é utilizada hoje em dia, “*repete o trabalho de uma barragem e não*

75 FOSTER, Norman, ed. – *Catalogue Foster and partners*. p.214.



FIG. 53: Proposta de uma "Wind dam" de Laurie Chetwood, no lago Lagoda na Rússia.

*deixa o vento escapar da maneira como acontece quando se usam hélices tradicionais*⁷⁶. Ele prevê que produza até 120 MW por dia, o que equivale à energia usada em 35 habitações. A estrutura é composta por uma vela que está ancorada a falésias no vale e pretende-se que a forma cónica conduza o vento para as turbinas que estão colocadas num tubo.

A energia geotérmica

A energia que provém do calor que se gera no interior da terra é denominada por energia geotérmica. Assim como a energia eólica, também a energia geotérmica já fora utilizada por civilizações antigas como é o caso dos Romanos que a usavam para aquecer a água dos banhos.

A exploração da água natural quente, proveniente da terra, foi usada também para propósitos industriais, mas a sua maior eficiência está no uso directo, para o aquecimento de espaços.

Este sistema funciona a partir de uma bomba de calor que pode aquecer ou arrefecer um edifício a partir desta energia, ou seja, durante o Inverno actua como dissipador térmico e no verão como acumulador. São conhecidos dois sistemas principais de extracção desta energia que são: o de circuito fechado e o de circuito aberto. O primeiro baseia-se num circuito de tubos de plástico no subsolo, colocados no sentido horizontal ou vertical por onde circula um líquido anticongelante; o segundo usa a água freática, que passa por uma bomba para extrair a energia.

A energia geotérmica, assim como as outras energias renováveis acima referidas, não podem ser implementadas em qualquer lugar, o local é que determina o tipo de energia que é mais favorável. Sendo assim, para compreender se a energia geotérmica pode ser explorada num determinado lugar, é necessário um estudo intensivo sobre a qualidade do subsolo. É preferível um terreno compacto do que poroso e condições

76 D'ESTRIES, Michael - Em linha - <http://ecotality.com/life/2007/11/08/wind-dam-looks-like-a-giant-spider-web-may-actually-be-built/>. - "It replicates the work of a dam and doesn't let the wind escape in the way it does using traditional propellers"

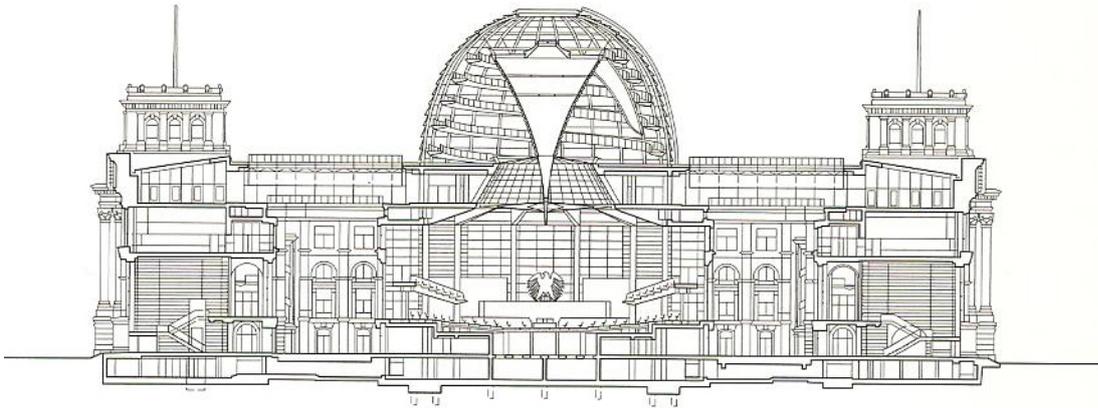
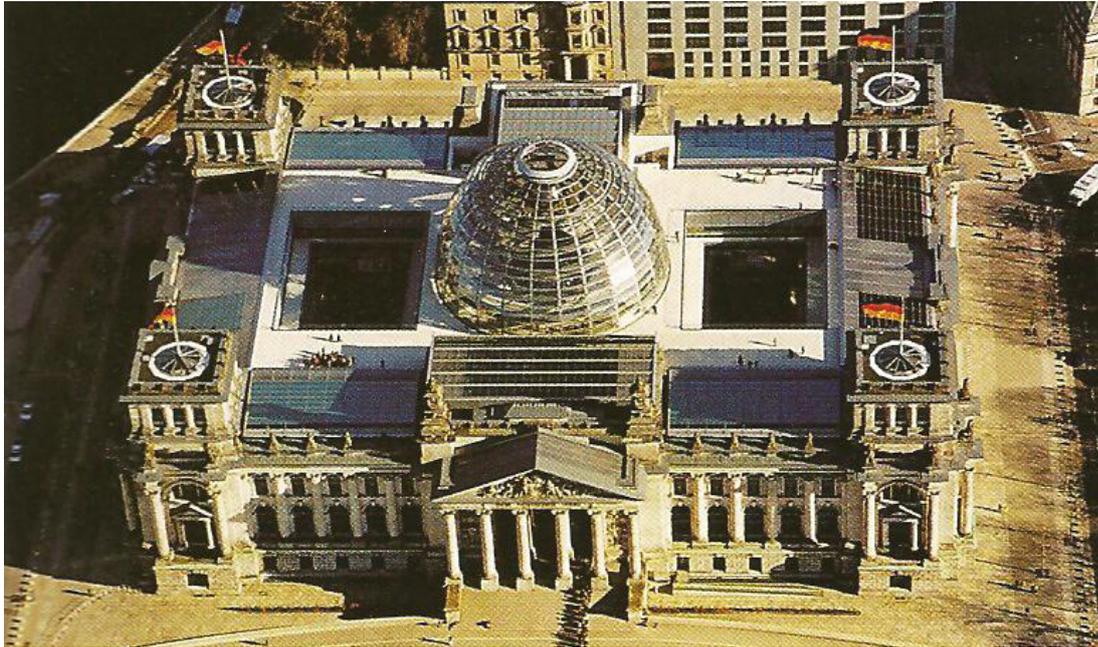


FIG. 54: Reversão do Reichstag Alemão, Norman Foster, 1992-1999.

húmidas em vez de secas. Em termos económicos, é mais viável um sistema horizontal do que vertical. No que diz respeito à eficiência, o tamanho da bomba deve ser capaz de produzir 60 e 70% de energia e, para que não haja fugas, as tubagens devem ser completamente impermeáveis.

Este meio de extracção de energia é bastante rentável, pois não depende de meios de alta tecnologia e o custo de manutenção não é significativo. Os custos de produção são baixos mas os iniciais podem ser elevados se os poços de extracção forem muito profundos e o solo rochoso.

Assim como a energia solar, a energia geotérmica é inesgotável e, ao contrário da energia solar, está sempre disponível.

Um bom modelo de aproveitamento do calor proveniente da terra pode ser estudado no projecto de requalificação da bundestag alemã, local onde se reúnem os políticos; o parlamento. Norman Foster foi o vencedor de um concurso internacional por ter apresentado uma proposta que junta quatro objectivos essenciais: enaltecer o significado da Bundestag como um fórum de democracia; o compromisso na acessibilidade do público em geral; a sensibilidade perante a história e uma agenda ambiental rigorosa.

A estratégia usada para o controlo energético foi radical e foram vários os sistemas aplicados. O cone inserido na cúpula (já referido anteriormente) permite a ventilação e iluminação da sala da assembleia e a energia necessária ao escudo protector, da cúpula, para se mover em função da incidência solar provém de um conjunto de painéis solares instalados numa área de 300m² no telhado. Em vez do uso de combustíveis fósseis, foi escolhido o consumo de bio-combustíveis de óleo vegetal que emitem menos gases poluentes para a atmosfera.

O sistema energético funciona paralelamente à rede pública e consiste em geradores eléctricos que trabalham num princípio de cogeração, produzindo calor e electricidade. Este sistema funciona de maneira a cobrir 80% das necessidades eléctricas requeridas e, por ser alimentado com bio-combustível, não é tão poluente. Para além disso, a produção de calor deste sistema, permite cobrir a maior parte das necessidades de aquecimento.⁷⁷

⁷⁷ SCHITTICH, Christian, ed. – *Solar architecture: strategies, visions, concepts*. p.150.

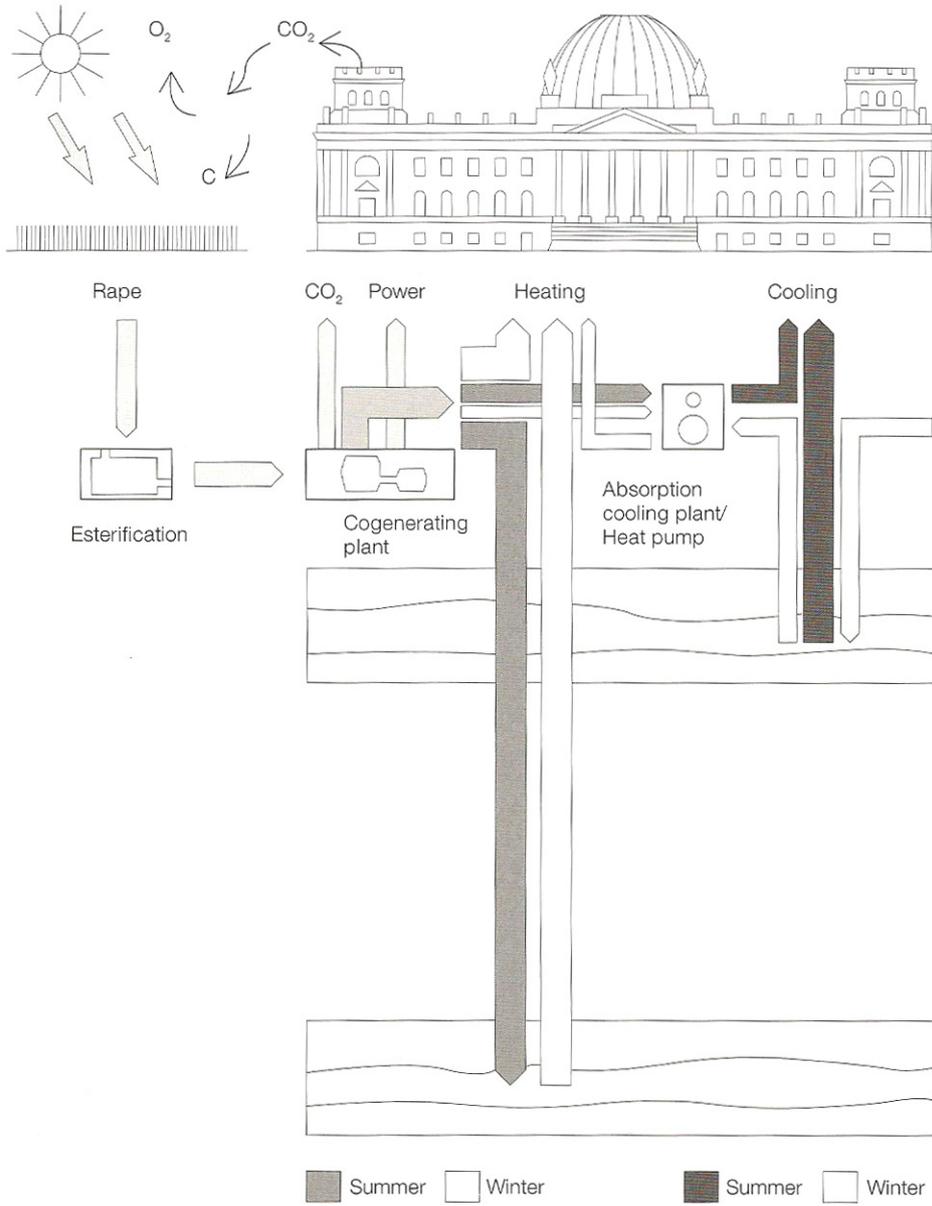


FIG. 55: Reconversão do Reichstag Alemão, Norman Foster, 1992-1999. Esquema de funcionamento do sistema energético geotérmico.

Água salgada é transportada para a superfície onde é aquecida (70° C) pelo excesso de energia térmica da cogeneradora. Uma camada de argila que se encontra por cima da zona de água quente permite que não escape calor para a superfície, funcionando como camada isolante.

O sistema de aquecimento do edifício é feito através do armazenamento de calor num aquífero com água quente a 300 m abaixo do nível térreo. A água entra no edifício já em forma de calor que depois é levada de novo para debaixo do solo. No período de verão, um outro aquífero, a 30-60 m de profundidade expõe água para servir de arrefecimento.

3. A REPRESENTAÇÃO DO ESPAÇO CONSTRUÍDO [resultado]

“A sustentabilidade abrange tanto a ecologia como a estética. Qual o tipo, o padrão, o sistema de hierarquia, cor, proporção, material, método, que pode ser cultivado com resultados controláveis; que princípios e métodos transcendem o gosto, a moda, os regimes sociais e políticos, ou as variações insonoras de temperamentos humanos e das paixões? O que é intemporal e o que é oportuno? Qual é o significado e o status do local, o regional, o global? O que é moderno e o que está desactualizado?”¹

ÉTICA / ESTÉTICA

“Ética” deriva de “ethos”. O ethos de uma pessoa entende-se como o seu carácter, a sua natureza, ou disposição. Da mesma forma falamos de ethos de uma comunidade, referindo o espírito que preside às suas actividades. “Ethos” aqui refere-se ao modo como os seres

¹ KRIER, Leon – Log. p.27. – “Sustainability concerns both ecology and aesthetics. What type, what pattern, what hierarchy, color, proportion, material, system, method can be cultivated with controllable outcome; what principles and methods transcend taste, fashion, social and political regimes, or the unsoundable variations of human tempers and passions? What is timeless and what is timely? What is the meaning and status of the local, the regional, the global? What is modern and what is outdated?”

[est]ética sustentável

a representação do espaço construído [resultado]

*humanos existem no mundo: o seu modo de habitar. Pela função ética da arquitectura quero dizer, a sua missão para ajudar a articular um ethos comum.*²

Karsten Harries define desta maneira a ética no seu livro *ethical function in architecture*. Nele, descreve os factores que dão sentido à arquitectura, tendo em consideração o seu valor. Este autor desvaloriza a abordagem do funcionalismo e da estética, defende que a arquitectura do século XXI só poderá reformular-se a partir dos valores éticos funcionais que, deste modo, distinguirão edifício de arquitectura.³

A ética é aquilo que *deve* ser; aquilo que é considerado da moral de uma pessoa, como *devemos* agir em conformidade com os nossos valores ou como *devemos* viver e conviver em sociedade.

É fundamentalmente uma questão prática que, por isso, tem ligações directas com a disciplina da sustentabilidade. Por conseguinte, arquitectura sustentável apresenta uma dimensão ética prática que ainda só é compreendida em termos de regras, códigos e leis. Como pode então, a disciplina da arquitectura abordar uma ética sustentável?

O pensamento ético está intimamente ligado à ideia de valores, “*se começarmos por aceitar que os seres humanos têm direito à vida e à liberdade que não pode ser violada, então estas são de valor fundamental.*”⁴ Valor intrínseco de um objecto pode ser entendido como algo que é reconhecido pelo Mundo (visão objectiva) ou que lhe é atribuído pelos humanos (visão subjectiva). São, (e serão) divergentes as opiniões que conferem a qualidade de valor ao objecto, contudo o mais importante é compreender a ética ambiental que engloba a atitude do homem para com o mundo natural e os seus intervenientes, pretende-se perceber, portanto, quais devem ser os valores e normas a seguir.

Sabine O’Hara, num artigo intitulado de: *Economics, ethics and sustainability: redefining*

2 HARRIES, Karsten – *The ethical function of architecture*. p.4. – “Ethical” derives from “ethos”. By a person’s ethos we mean his or her character, nature, or disposition. Similarly we speak of a community’s ethos, referring to the spirit that presides over its activities. “Ethos” here names the way human beings exist in the world: their way of dwelling. By the ethical function of architecture I mean its task to help articulate a common ethos.”

3 Ao contrário de Nikolaus Pevsner que na sua obra “An Outline of European Architecture” de 1958 defende a máxima de: trabalho de arquitectura = edifício + decoração.

4 WILLIAMSON, Terry; RADFORD, Antony; BENNETTS, Helen - *Understanding sustainable architecture*. p.44 - “if we start by accepting that humans have a right to life and freedom that may not be infringed, then these are of central value”

[est]ética sustentável

a representação do espaço construído [resultado]

connections (1998) definiu como o discurso ético pode contribuir para a sustentabilidade de três diferentes modos:

1 - A ética discursiva acrescenta uma dimensão contextual ao princípio universal de uma moral baseada na razão humana. Esta dimensão faz conexões entre o humano-humano e o humano-sistema de ambiente implícito, portanto, questões de pressupostos isolados e motivações individuais.

2 - A ética discursiva acrescenta uma dimensão comunitária para a expressão da razão humana que não pode ser expressa isoladamente. Complexidades sócio-ecológicas de sustentabilidade não podem ser adequadamente tratadas em isolamento disciplinar, mas sim exigir uma base ampla de um discurso interdisciplinar.

3 - A ética discursiva não pode ser concebida como um exercício de pensamento puramente teórico e, portanto, acrescenta uma dimensão prática para as decisões morais que liga as esferas pública e privada.⁵

Estes tópicos ajudam a clarificar discussões, principalmente, entre pessoas com opiniões divergentes em relação ao tema homem-ambiente, isto é, por exemplo, entre extremos como ambientalistas e antropocêntricos.

Ética ambiental é vista por alguns como uma questão de sobrevivência, por outros tem que ver com equidade. De qualquer forma, tem de se ser capaz de lidar com a complexidade das decisões que têm de ser tomadas diariamente que incluem o ramo social, económico e cultural, no entanto, *“somente o homem pode decidir quais devem ser os valores sociais, éticos e culturais “verdes”. Pode ser que alguns materiais e métodos assumidos como “verdes” falhem na pesquisa de avaliação e outras possibilidades menos óbvias tenham êxito. É provável que não haja soluções absolutas ou universais possíveis. Pode ser uma questão de remar na direcção certa.”*⁶

Os arquitectos, Lacaton e Vassal, responderam de um modo único a um projecto

⁵ WILLIAMSON, Terry; RADFORD, Antony; BENNETTS, Helen - *Understanding sustainable architecture*. p.59.

⁶ FARMER, John - *Green shift: changing attitudes in architecture to the natural world*. p.185. - “Only man can decide what are to be the social, ethical and cultural green values. It may be that some materials and methods assumed to be green would fail searching evaluation and other less obvious possibilities succeed. It is probable that no absolute or universal solutions are possible. It may be a question of steering in the right direction.”



FIG 56: Projecto dos arquitectos Lacaton e Vassal para uma praça em Léon Aucoc, na cidade de Bordéus.

de remodelação de um espaço público, cuja solução está assente nos valores que acreditam ser válidos. Este projecto apareceu no decorrer de um plano que pretendia a renovação de várias praças da cidade de Bordéus (1996). A Praça de Léon Aucoc seria o local a embelezar por esta equipa, no entanto, depois da sua visita e comunicação com os habitantes locais, os arquitectos decidiram que não seriam necessárias grandes mudanças, apenas uma substituição da gravilha, das tábuas de madeira dos bancos e um novo sistema de tráfego que permitia trazer mais vida à praça. Estes arquitectos partilhavam da opinião de que a praça já continha beleza pela sua simplicidade e autenticidade, por lhe faltar sofisticação.

Os valores morais são transmitidos a partir da respectiva cultura e educação e na opinião do filósofo Karsten Harries a arquitectura só pode ser compreendida por aqueles que compartilham a mesma cultura e filosofia do objecto arquitectónico, ou seja, seria necessário pertencer ou compreender os valores da sociedade local. *“Em última análise, só podemos entender completamente um edifício por fazer parte da comunidade que o constrói, com os seus valores (e talvez nem assim). Assim, não podemos projectar um edifício que reflecta inteiramente a nossa (reconhecidamente parcial) compreensão e os valores da sustentabilidade arquitectónica. Esta dimensão simbólica é desejável e necessária, e o reconhecimento e a invenção de símbolos aceites sempre fez parte da arquitectura. Os arquitectos estão inevitavelmente interessados no potencial tectónico das formas que podem surgir com uma boa compreensão da sustentabilidade e ecologia, e o que isso irá sugerir e privilegiar a forma de construção, materiais e decoração.”*⁷

A estética, apesar de ser um dos temas mais discutidos pelo homem, é também um dos mais complexos e de difícil consenso, talvez por isso, *“o discurso ético está vivo*

7 WILLIAMSON, Terry; RADFORD, Antony; BENNETTS, Helen - *Understanding sustainable architecture*. p.26 – “Ultimately, we can only fully understand a building by being a part of the community that builds it, with its values (and perhaps not even then). Thus we cannot design a building to fully reflect our (admittedly partial) understanding and values of architectural sustainability. This symbolic dimension is desirable and necessary, and the recognition and invention of accepted symbols has always been part of architecture. Architects are inevitably interested in the tectonic potential of the forms that can arise with a sound understanding of sustainability and ecology, and what this will suggest and privilege in building form, materials and decoration.”

[est]ética sustentável

a representação do espaço construído [resultado]

e bem. Não podemos dizer o mesmo da estética.”⁸

Apesar de algumas tentativas em desconsiderar a importância da estética - comprova-se na opinião de Panofsky,⁹ que todos os objectos têm algum significado estético¹⁰, seja qual for o sujeito que o observa; este crítico revela que “*é possível experimentar todos os objectos, naturais ou feitos pelo homem, esteticamente. Nós fazemos isso, somente por olhar para ele (ou ouvi-lo), sem relacionar, intelectual ou emocionalmente, para qualquer coisa fora de si mesmo. Quando um homem olha para uma árvore do ponto de vista de um carpinteiro, irá associá-la com os vários usos a que possa colocar a madeira, e quando olha para ela do ponto de vista de um ornitólogo, irá associar a aves que façam um ninho nela. Quando um homem, numa corrida de cavalos, observa o animal no qual colocou o seu dinheiro, irá associar o seu desempenho com o seu desejo de que pode vencer. Só aquele que se liberta totalmente do objecto da sua percepção vai experimentá-lo esteticamente.*”¹¹

Opinião contrária tinha o filósofo Kant. A estética, como campo de estudo do ramo da filosofia pretende compreender o belo em relação à arte e foi Kant que, como um dos mais importantes filósofos dividiu as faculdades mentais em compreensão (teórica), razão prática (prática) e apreciação (estética) e, desta maneira, tornou a estética num dos temas principais na disciplina da filosofia. Foi a partir da influência de Kant que se formularam e cresceram as opiniões e discussões à volta deste tema que até hoje continua em debate e com divergências. Kant afirmava que “*o sentido da beleza é um uso distinto e autónomo do pensamento humano comparável à compreensão*

8 VAN SCHAİK, Leon - *Architecture of change: sustainability and humanity in the built environment*. p. 131-
“Ethical discourse is alive and well. We cannot say the same for aesthetics.”

9 Erwin Panofsky, (Hannover 1892 – Nova Jérsei 1968) – crítico e historiador de arte.

10 “*Estético – adj. Relativo à estética, ao estudo e conceito do belo. Referente às qualidades artísticas ou formais de algo.*” Em VILLAR, Mauro de Salles; FRANCO, Francisco – *Dicionário Houaiss*.

11 HARRIES, Karsten – *The ethical function of architecture*. p.19. – “it is possible to experience every object, natural or man-made, aesthetically. We do this, when we just look at it (or listen to it) without relating it, intellectually or emotionally, to anything outside of itself. When a man looks at a tree from the point of view of a carpenter, he will associate it with the various uses to which he might put the wood; and when he looks at it from the point of view of an ornithologist, he will associate it with the birds that might nest in it. When a man at a horse race watches the animal on which he has put his money, he will associate its performance with his desire that it may win. Only he who simply and wholly abandons himself to the object of his perception will experience it aesthetically.”

[est]ética sustentável

a representação do espaço construído [resultado]

*moral e científica.*¹² Para perceber a estética seria necessário compreender certas capacidades mentais, capacidades relacionadas com a experiência e capacidade crítica, ou seja, perceber a experiência estética através da mente humana no que diz respeito a sensações e emoções perante o objecto.

Ao longo do tempo, no campo da arquitectura, existiram diferentes maneiras de justificar a compreensão (estética) arquitectónica, que é considerada como ambígua e que comporta uma grande diversidade de significados.

Os arquitectos do Renascimento defendiam uma estética que conseguisse obter uma harmonia através da ideia de proporção. Alberti era um seguidor dessa filosofia e compreendia que a forma deveria surgir naturalmente a partir da concepção de um edifício em que as linhas e os ângulos iriam formar a proporção exacta, tornando-o harmonioso. A máxima de Vitruvius, “*utilitas*”, “*firmitas*” e “*venustas*” era, nesta altura, a fórmula de sucesso e ainda mais apreciada quando alargada em outras categorias como: “*ordinatio, dispositio, eurythmia, symmetria, decor e distributio*”,¹³ conceitos estes, que deveriam ser compreendidos como detalhes na elaboração da ideia de proporção.

*“Compreender a proporção é compreender a harmonia, a adequação, o pormenor e a ordem apropriados.”*¹⁴

Mas, com a evolução da percepção da perspectiva, Alberti apercebeu-se da importância da terceira dimensão e assim alterou a sua noção da forma, compreendendo o edifício como “*a harmonia das partes em relação ao todo*”, “*(a obra de arte) depende do desenho geral que, enquanto concepção de conjunto, se inicia como operação mental e é definida através de uma estrutura geométrica, distinta dos materiais com que se realiza, extraída do mais amplo universo das relações possíveis. A beleza baseia-se no número mas não está associada a uma proporção em particular, antes reflectindo a componente infinita da regra proporcional*”.¹⁵

12 SCRUTON, Roger – *Estética da arquitectura*. p.11.

13 SCRUTON, Roger – *Estética da arquitectura*. p.65.

14 SCRUTON, Roger – *Estética da arquitectura*. p.75.

15 TAVARES, Domingos – *Leon Battista Alberti: teoria da arquitectura*. p.55.

[est]ética sustentável

A ideia de estética em arquitectura foi sofrendo alterações e por vezes existiu mesmo a vontade de tentar “ignorá-la”, no sentido de que esta não seria uma vontade mas sim um resultado, tal como defendem os arquitectos do período funcionalista. Estes admitem a verdadeira beleza arquitectónica através do seguimento da máxima de que a forma deve afirmar-se tendo em conta a sua função, “form follows function”, afirmação bem conhecida de Sullivan. Neste sentido, e na opinião dos teóricos funcionalistas, a experiência arquitectónica é a expressão da sua função, em que a forma deve exprimir e tornar bastante clara a função que vai desempenhar.

Contudo, o uso não é o único factor relevante em arquitectura, e sabendo que à partida um edifício tem de expressar uma forma, é possível compreender a sua linguagem ou padrão sem conhecer a função que lhe é atribuída. Esta afirmação veio provar ter-se tornado uma questão estética mesmo que nunca tenha sido discutida como tal pelos seus seguidores.

“Devemos tentar recapturar o que é central na experiência da arquitectura. Como Alberti, Serlio e os seus seguidores, descobriremos que só o podemos fazer se reintegrarmos os valores estéticos no seio da actividade do construtor e não permitirmos que se responda a uma questão de função independentemente da questão da adequação de um edifício, não só à função, mas a um estilo de vida.”¹⁶

A ideia de função de um edifício pode ser exposta a uma infinidade de expressões formais, não ajudando assim à compreensão da estética da arquitectura. O que é certo é que os edifícios são desenhados para um determinado uso, e não devem ser entendidos como se não possuíssem essa determinada função e apesar dos teóricos explicarem a forma através da função, o contrário acabou por prevalecer, ou seja, o funcionalismo começou a ser discutido mais pela sua estética do que pela honestidade projectual.

Uma outra visão interessante tinha o historiador de arte suíço, Heinrich Wölfflin (1864-1945). Este defendia que a arquitectura era a “expressão do seu tempo”,

¹⁶ SCRUTON, Roger – *Estética da arquitectura*. p.43.

[est]ética sustentável

a representação do espaço construído [resultado]

ou o “Lebensgefühl”¹⁷ de uma época. No entanto, no ramo da estética, não pode ser uma consideração válida visto que se o espaço construído exprime a linguagem do seu tempo, também todos os outros o fazem, não distinguindo desta maneira os sucessos dos fracassos.

A experiência da arquitectura é difícil de descrever. Para Robert Scruton o conceito de estética, a partir do século XVIII, faz parte da palavra “*imaginação*” que, neste sentido consiste na união da estética com o resto da nossa experiência perante o objecto, estimulando, assim, esta capacidade mental. O tema da percepção através da experiência deve ser tida em consideração quando tentamos entender a estética, visto podermos fundamentar a nossa opinião através do modo como compreendemos as coisas. Só através da experiência podemos fazer comparações.

Normalmente somos levados a apreciar a estética através de justificações, como por exemplo as que foram mencionadas nos parágrafos anteriores, no entanto existe uma frase popular conhecida – “gostos não se discutem” – para justificar a questão da beleza. O ser humano utiliza esta frase, normalmente, para pôr um fim às discussões, e se assegurar da validade da sua opinião mas, seguindo esta máxima, tudo é válido, tudo pode ser bonito, dependendo do sujeito que aprecia, o que torna esta frase, pelo menos no campo da estética arquitectónica, um mito. O gosto é um dos temas mais debatidos pelo Homem e pode ser alterado através da educação.

Para contrastar com esta simples ideia de preferência, está o conceito de *valores* que são definidos pela filosofia como a interacção entre sujeito e objecto. Estes são diferentes de preferências pois têm muito mais significado e apresentam um domínio do raciocínio, enquanto que o gosto pode ser alterado se a percepção e concepção do objecto for também modificado. Os valores, para além de nos levarem a justificar opiniões ou acções, quando necessário, também nos ajudam a ver e compreender o Mundo.

A palavra “valores” pode ter muita importância no entendimento da estética no campo da arquitectura sustentável. A aceitação da estética desta arquitectura dita

¹⁷ SCRUTON, Roger – *Estética da arquitectura*. p.60.

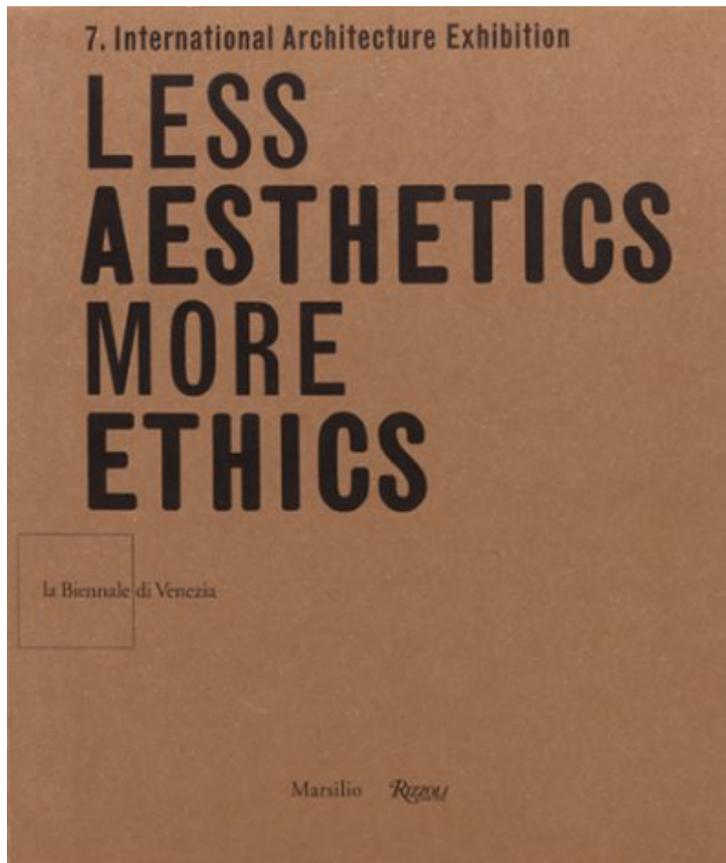


FIG 57: Capa do livro: “*less aesthetics, more ethics*” que resume a 7ª Exposição Internacional de Arquitectura, a Bienal de Veneza de 2000.

a representação do espaço construído [resultado]

sustentável, está intrinsecamente ligada com os valores que se lhe atribuem sendo mais fácil aceitar algo que faz parte dos nossos valores como seres humanos. Os critérios éticos de pureza das formas, verdade dos materiais e economia de meios estão directamente relacionados com valores morais. A representação formal desta ética obriga a responder aos recursos limitados e aos imperativos de respeito pela terra ao contrário de estilos e modas, como foi sublinhado na 7ª Exposição de Arquitectura em Veneza (2000) “*Less Aesthetics, more ethics*” direccionada por Massimiliano Fuksas.

Consequentemente, qual é a importância da estética na sustentabilidade? Neste momento os projectos que são intitulados de sustentáveis pouco dizem em termos de arquitectura, “*é uma experiência comum visitar um bem publicitado “edifício ecológico” e ser entregue um folheto com a lista de virtudes amigas do ambiente, enquanto não há evidência visual de nenhuma tentativa por parte do arquitecto para resolver estas contribuições em termos de arte. Pode ser verde, mas é arquitectura aborrecida.*”¹⁸

Assim como Nicholas Pevsner refere que “*um abrigo para bicicletas é um edifício; uma catedral é arquitectura*”¹⁹, a arquitectura ecológica que tem vindo a ser feita desde os anos 70, sempre foi entendida como um edifício e não como arquitectura, e é nesta sombra que a sustentabilidade tem vivido desde o seu começo.

Em questão está a capacidade de interpretação das normas e dos certificados energéticos que fazem parte desta arquitectura. Apesar de serem muito eficientes, de ajudarem a equipa de projecto a obedecer a determinados standards e também serem esclarecedores para o utente da sua qualidade, não podem ser entendidos apenas deste ponto de vista, pois pode tornar os projectos numa lista de obrigações relacionadas com a arquitectura verde mas que podem ou não responder às necessidades reais de um determinado edifício.

Para Leon van Schaik, professor e arquitecto, a estética sustentável está

18 WINES, James – *Green architecture*.p. 20 – “it is a normal experience to visit a well publicized “ecological building” and be handed a checklist brochure of its earth-friendly virtues, while there is no visible evidence of any attempt on the part of the designer to resolve these contributions in terms of art. It may be green, but it is boring architecture.”

19 HARRIES, Karsten – *The ethical function of architecture*. p.. – “a bicycle shed is a building; a cathedral is architecture.”

[est]ética sustentável

a representação do espaço construído [resultado]

intimamente aglutinada com a ética. *“Provavelmente estamos condenados a ter tanto de estética como temos de ética, em tudo o que fazemos. Mas significará isso que devemos abraçar uma estética, no interesse da “arquitetura da mudança” e, na busca da existência sustentável, adoptar uma estética? Talvez seja. Mas talvez essa aprovação seja apenas necessária numa fase pioneira, e talvez apenas dentro do contexto de alertar a consciência adormecida do público sobre a necessidade de mudança.”*²⁰

A estética sustentável serve, em primeiro recurso como um chamar de atenção. Com o passar do tempo fará parte de um conjunto de justificações morais que se espera, tornem a arquitectura sustentável uma arquitectura duradoura, com uma plena integração tecnológica, uma conservação de recursos e um conteúdo estético honesto.

A forma de um edifício deve ser definida para que capte o máximo de energia passiva e onde os materiais aplicados façam parte de um critério de poupança energética assim como as outras componentes do projecto. Aquilo que vemos (estética) está directamente associado com aquilo em que acreditamos (ética) ser correcto. Este argumento baseia-se na noção de que a nossa sociedade aceitará mais facilmente a beleza de um projecto se este transmitir uma riqueza visual e diversidade espacial associada à ecologia.

O desafio de conseguir tirar o máximo partido do que nos oferece a natureza, criou um novo e valioso conjunto de ideias associadas ao verde e ao ecológico, relacionadas com novos programas que a arquitectura pode utilizar. O seu desenvolvimento é tão vasto que a estética sustentável parece dominar a arquitectura contemporânea. Esta poderá vir a ser uma grande era criativa pois trata-se de um dos períodos mais desafiantes à inovação arquitectónica.

Na verdade, estamos a assistir ao interesse crescente deste tipo de arquitectura, sendo possível constatá-lo através de revistas ou jornais de arquitectura em que

²⁰ VAN SCHAIK, Leon - *Architecture of change: sustainability and humanity in the built environment*. p.132 – “Probably we are condemned to have much aesthetics as we have ethics, whatever we do. But does that mean that we should espouse an aesthetic in the interests of the “architecture of change” and, in the pursuit of sustainable existence, adopt an aesthetic? Perhaps it does. But perhaps such adoption is needed only in a pioneering phase, and perhaps only within the context of alerting a slumbering public consciousness about the need for change.

[est]ética sustentável

a representação do espaço construído [resultado]

encontramos, cada vez mais, projectos em que o “verde” é predominante. A arquitectura sustentável deve insistir em projectos que procurem testar o modo de pensar e de apreender, nos campos do social e ambiental, sabendo à partida as dificuldades que se impõem e que tornam a actividade arquitectónica num estímulo ainda maior.

Naturalmente, a arquitectura sustentável está intimamente ligada com a ética e talvez por isso, por ser produzida através de processos que envolvem diferentes factores, etapas e intervenientes e pela complexidade existente em agregar os custos, as tensões sociais e as questões ambientais, levam a que os resultados formais sejam tão variados.

Para alcançar êxito, o arquitecto precisa de usar a sua criatividade e adaptar-se criando novas estratégias e tácticas que lhe permitirá evoluir e que certamente levará a um *resultado* que estará espelhado na sua forma. Um uso consciencioso da estética faz parte da posição ética. “*As formas sempre transmitem valores éticos.*”²¹

21 MONTANER, Josep Maria - *As formas do século XX*. p.8.

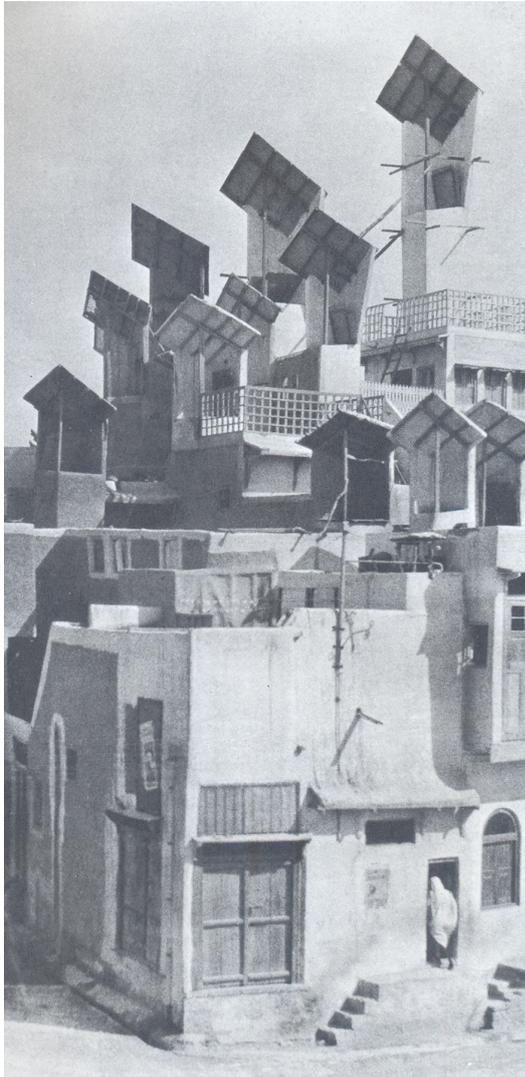


FIG 58: “Bad-gir”, ou pás de vento, em Hyderabad Sind, no Oeste do Paquistão.

A imagem natural, cultural e técnica

*“Mesmo antes dos homens e os animais caminharem sobre a Terra, existiu algum tipo de arquitectura, grosseiramente modelada pelas forças primordiais da criação e, ocasionalmente, polida pelo vento e pela água em estruturas elegantes. As grutas naturais, especialmente, representam um grande fascínio para nós. As caves, tendo sido entre os primeiros abrigos do homem, podem vir a ser o seu último.”*²²

Arquitectura vernacular traduz-se nas construções erguidas pelas populações, na tentativa de responder às adversidades do clima. Desenvolve-se uma estratégia que permita obter um máximo de energia passiva para uma optimização do conforto. Esta necessidade vai servir para definir a forma, materialidade, orientação e implantação. O uso de materiais decorrentes do local e técnicas locais permite que sejam construções económicas. A arquitectura sustentável promove a herança da arquitectura vernacular e a sua contínua evolução. A tecnologia vernacular, que inteligentemente, soube aproveitar e jogar com o clima, traz-nos até hoje exemplos como os “ar condicionados” de Hyderabad Sind, no Oeste do Paquistão. A paisagem distingue-se pelas instalações no cimo dos telhados, que devido às elevadas temperaturas que se fazem sentir desde Abril a Junho, (chegam a subir os 48°C) são absolutamente necessárias para criar brisas que aliviem o extremo calor. Os “bad-gir”, ou pás de vento, existem no cimo de cada divisão e como o vento é de direcção constante, são elementos fixos que conferem uma característica particular ao local.²³

Rudofsky, autor de livros de índole vernacular, ou como ele próprio denomina, “arquitectura sem pedigree”, defende que os construtores vernaculares respeitem a natureza e o que os envolve e aprendam a saber lidar em harmonia com o clima e as suas adversidades, não tentando como hoje acontece, “conquistar” a natureza.

22 RUDOFSKY, Bernard – *Architecture without architects: a short introduction to non-pedigree architecture*.p.3 – “even before men and beasts walked the earth, there existed some kind of architecture, coarsely modeled by the primeval forces of creation and occasionally polished by wind and water into elegant structures. Natural caves, especially, hold a great fascination for us. Caves, having been among man’s earliest shelters, may turn out to be his last ones.”

23 RUDOFSKY, Bernard – *Architecture without architects: a short introduction to non-pedigree architecture*.p.113.

[est]ética sustentável

a representação do espaço construído [resultado]

Com as imagens que apresenta, Rudofsky justifica a intemporalidade, regionalismo e contextualização²⁴ desta arquitectura que é igual a caves e rochas, imitando assim, a natureza.

“Arquitectura vernacular deve a sua espectacular longevidade a uma redistribuição de constante e dura conquista aprendizagem, canalizada em reacções instintivas para o mundo exterior. Os chamados povos primitivos não têm nenhuma “devil-may-care” atitude quando confrontados com a realidade do seu ambiente. Acima de tudo, eles não têm desejo de dominá-lo. É certo que, fraqueza imperdoável no vernáculo é a constância. Ao contrário das artes do vestuário ou da arquitectura com pedigree, ela não segue modismos e modas, mas só evolui de forma imperceptível no tempo.

*Regra geral, é adaptada às dimensões humanas e às necessidades humanas, sem frescuras, sem a histeria do designer.”*²⁵

Em quase todas as actividades, o homem vê-se obrigado a regressar às origens e a arquitectura não escapa sem rever a sua génese, voltando agora a estudar a cabana, que permite repensar a verdadeira razão do porquê e para quê construímos, na tentativa de validação e de compreensão do seu significado original. A arquitectura sustentável, que opta pelo retorno à origem vernacular como inspiração, pretende voltar atrás, trazer um tipo de filosofia de recomeço na tentativa de aproximação e respeito para com a natureza.

São vários os sistemas de construção que vemos hoje a serem redescobertos, como é o exemplo da construção de paredes de terra pelo método construtivo taipal, o qual representa uma longevidade devido às boas qualidades térmicas e acústicas da

24 HARRIES, Karsten – *The ethical function of architecture*. p.270.

25 (RUDOFSKY, Bernard) HARRIES, Karsten – *The ethical function of architecture*. p.270.- “Vernacular architecture owes its spectacular longevity to a constant redistribution of hard-won knowledge, channelled into quasi-instinctual reactions to the outer world. So-called primitive peoples have none of the devil-may-care attitude when confronted with the reality of their environment. Above all, they have no desire to dominate it. Admittedly, the vernacular’s unforgivable weakness is constancy. Unlike the apparel arts or pedigreed architecture, it follows no fads and fashions but evolves only imperceptibly in time. As a rule, it is tailored to human dimensions and human needs, without frills, without the hysterics of the designer. Once a life style has been established and habit has begotten a habitation, change for change’s sake is shunned.”



FIG 59: Escola em Rudrapur no Bangladesh, arquitecta Anne Heringer, 2005-2006.

a representação do espaço construído [resultado]

terra e boa qualidade de absorção de humidade, não danificando o material. Este, para além de durar e ficar ainda mais consistente, com a passagem do tempo, pode ser, na sua grande maioria, reutilizado.

Da discussão sobre arquitectura sustentável ouvimos falar dos estilos “low-tech” associado ao popular e de “high-tech”, que inclui alta tecnologia, dois termos que, para o arquitecto Leon Krier são, erradamente distintos. Este acredita “*que a “tecnologia” do Homem tem de ser ecológica senão não terá futuro: o termo sustentável indica o que é ecológico - tem pouco que ver com os conceitos de progresso, modernismo, ideologia, criatividade, indústria ou economia como eles têm sido usados ao longo dos últimos séculos.*”²⁶

Na sua convicção, a arquitectura sempre usou os termos vernacular e clássico²⁷, para oposições como: privado/público, indivíduo/colectivo, familiar/cósmico. As construções clássicas existem e devem ser desenhadas como tal, com a sua importância e relevo, portanto, devem ser construções que pretendem ser vistas de determinadas distâncias, que lhes conferem a validade tanto no detalhe como na grande escala. Neste sentido, um edifício clássico é uma cabana em grande escala, ou seja, uma ampliação dos modelos e métodos vernaculares.

No seu entendimento, o futuro do sentido sustentável terá de ser baseado nos valores ecológicos fundamentalmente através das tradições, do vernacular, do clássico, em que a longevidade seja intemporal.

*“O enraizamento do robusto e sustentável das culturas tradicionais pode levar mais tempo do que esperamos ou receamos, no entanto os danos causados pelas toxinas de uma dependência global vai durar mais que a evaporação de combustíveis fósseis.”*²⁸

26 KRIER, Leon – Log. p.25. – “Human “technology” will be ecological or it won’t have a future to speak of: the term *sustainable* indicates what is ecological – it has little to do with concepts of progress, modernism, ideology, creativity, industry, or economy as they have been used over the last centuries.

27 Vernacular do latim *vernaculus*, que significa: doméstico, clássico do latim *classicus*, que significa: da primeira classe.

28 KRIER, Leon – Log. p.30. – “The taking root of robust and sustainable traditional cultures may take longer than we hope or fear, for the damage done by the toxins of a global addiction will outlast the evaporation of fossil-fuels.”

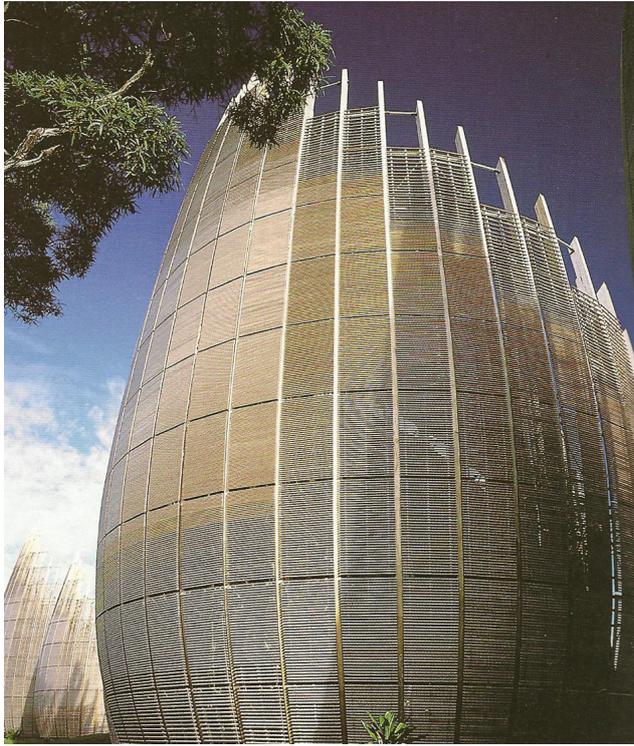


FIG 60: Centro Cultural Jean Marie Tijibau, Nova Caledónia, arquitecto Renzo Piano.

Será possível imaginar arquitectura sem betão? Estaremos viciados no material de excelência do século XX e com o seu uso esquecemos os materiais naturais? Ou por outro lado, poderemos ignorar o Mundo Industrial, a crescente população e a nossa dependência nos combustíveis fósseis?

A solução, inevitavelmente, terá de partir do princípio da compreensão da vida actual, o ponto de partida em que nos encontramos, numa sociedade industrializada. Será primordial uma abordagem racional e viável para o futuro que consiga uma cuidada reavaliação das construções passadas e suas filosofias que possa comprometer uma abordagem técnica e a recuperação de um estilo de vida simples.

A imagem sustentável é entendida no livro *understanding sustainable architecture* como tendo três distintas soluções, são elas a natural, a cultural e a técnica.

A imagem natural pretende uma comunhão com a natureza respeitando os ecossistemas. Na tentativa de alterar ao mínimo a expressão territorial são usados materiais naturais, e as formas espelham a própria natureza. Humildade e respeito são as palavras-chave para com o mundo natural.

Talvez o melhor exemplo da contemporaneidade, que inclui humanidade e beleza é o que pode ser visto no projecto da arquitecta Anne Heringer de uma escola em Rudrapur no Bangladesh. A inteligência e o estudo dos materiais e técnicas locais em conjunto com uma cooperação entre arquitecta e habitantes provou ter uma qualidade imensa. O edifício de dois andares construído com paredes de terra e estruturas em bambu consegue criar espaços com uma criatividade inovadora que permite aos alunos o seu uso pleno.

A imagem cultural diz respeito à arquitectura local, enfoca o sentido de lugar e recusa standards globais. É, talvez, a que mais se aproxima da arquitectura vernacular pois usa métodos construtivos, formas, e materiais que caracterizam a região em questão. Um dos mais espectaculares edifícios em que o contexto cultural é enaltecido é o Centro Cultural Jean Marie Tijibau, projectado pelo arquitecto Renzo Piano na Nova Caledónia. Este centro representa a vontade do arquitecto em não reproduzir standards globais pois “*não seria possível oferecer um produto standard da cultura ocidental, com uma camada de camuflagem por cima: teria parecido como um carro*

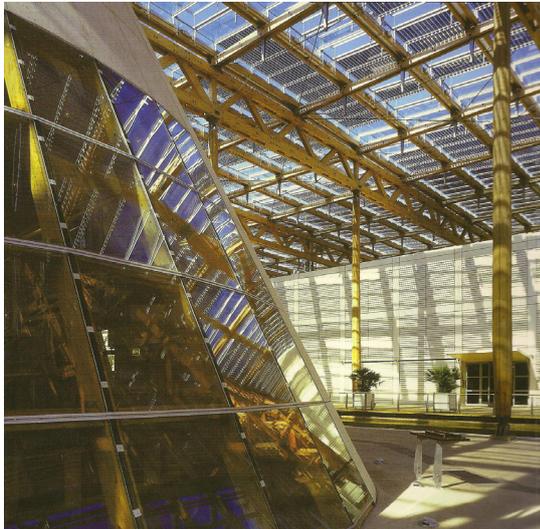
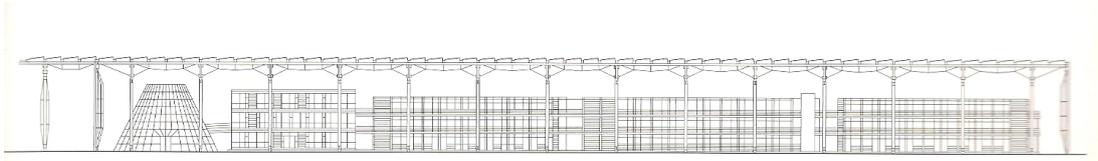


FIG 61: Academia de Mont-Cenis em Herne, na Alemanha, arquitetos Jourda e Hegger Hegger Schleiff.

a representação do espaço construído [resultado]

blindado coberto com folhas de palmeira.”²⁹ Ao escutar a sabedoria dos nativos (cultura Kanak) implementou materiais naturais locais através de métodos tradicionais e juntou-lhe tecnologia contemporânea.

O edifício também apresenta qualidades de “verde”, devido à utilização de bambu impermeável que para além de ser um material natural e reciclável, a maneira como estão colocados na vertical veio permitir um controlo do vento.

A motivação de familiaridade com o edifício é ainda acentuada pela decisão do arquitecto de conceber o edifício em forma linear numa analogia às típicas aldeias rurais da região.

A imagem tecnológica é a que está mais afastada tematicamente das duas anteriores e a que se encontra em maior destaque e uso actualmente. Assim como aconteceu no passado, este método pretende corrigir os novos problemas criados, com mais tecnologia. Visualmente define-se pelos materiais como os vidros, os painéis fotovoltaicos, os sistemas de sombreamento, e no campo não visual está equipado com elementos como sistemas geotérmicos, recolha de águas, entre outros.

Consiste na implementação de técnicas globais no campo do social, económico e ambiental que tenta responder aos problemas com a redução do consumo energético, redução da energia incorporada através da materialidade, a adequada ventilação e iluminação natural; *“a chave é a racionalidade e eficiência no planeamento, uso de material e sistemas.”*³⁰

Um bom exemplo desta imagem tecnológica sustentável é a Academia de Mont-Cenis em Herne, na Alemanha. Esta zona em questão, antiga área de exploração mineira, hoje abandonada, foi estudada para uma remodelação. O edifício da Academia fez parte dessa remodelação e foi desenhado para ser económico e ecológico.

A ideia inicial seria a de criar um específico microclima e para isso foi desenhado uma enorme pele de vidro que alberga todos os pequenos blocos que compõem o

29 WINES, James – *Green architecture*. p. - “it was not feasible to offer a standard product of Western architecture, with a layer of camouflage on top: it would have looked like an armoured car covered with palm fronds.”

30 WILLIAMSON, Terry; RADFORD, Antony; BENNETTS, Helen - *Understanding sustainable architecture*.p.32. - “the key is rationality and efficiency in planning, material use and systems”.

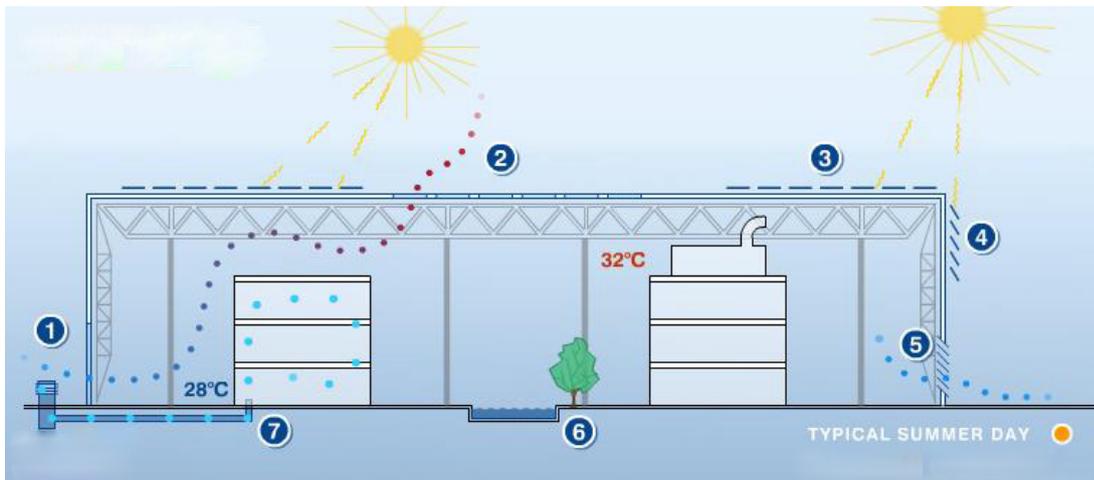


FIG 62: Dia típico no período de Verão

- 1 _ As portas abrem para ventilação natural.
- 2 _ O ar quente sobe e escapa através de luminoductos permitindo apenas ar fresco no nível do chão.
- 3 _ Células fotovoltaicas que produzem energia.
- 4 _ Células fotovoltaicas (protecções solares).
- 5 _ Ar fresco entra por áreas fora da casa de vidro que se encontram em sombra.
- 6 _ Vegetação e zonas com água arrefecem por evaporação e promovem a sombra.
- 7 _ Ar fresco entra através de um tubo de ar que está debaixo do solo.

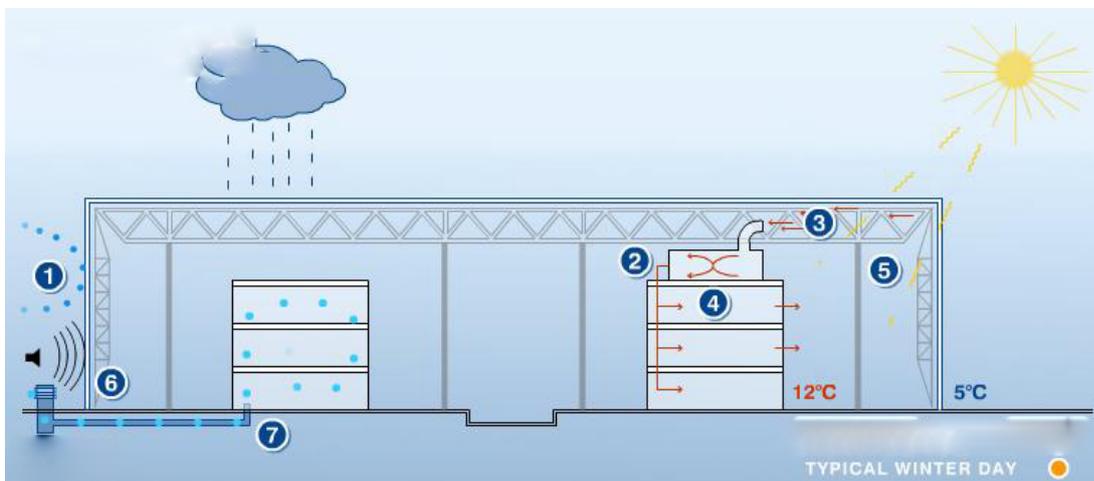


FIG 63: Dia típico no período de Inverno

- 1 _ O vento desviado pela casa de vidro minimiza as perdas de calor dos blocos interiores.
- 2 _ Calor recuperado de ar exausto.
- 3 _ Ar entra pré-aquecido pela casa de vidro.
- 4 _ Permutador rotatório de calor: ar exausto perde energia, o ar fornecido é aquecido por energia perdida.
- 5 _ Casa de vidro aquecida pelo sol e perde calor dos edifícios.
- 6 _ Casa de vidro protege o microclima do barulho exterior.
- 7 _ Ar renovado entra através de tubos de ar que se encontram debaixo de terra.

a representação do espaço construído [resultado]

complexo. Esta estrutura foi criada para conseguir um aproveitamento passivo e em que tanto no Inverno como no Verão as temperaturas recriassem as de Nice. Dentro desta pele estão colocados espaços de administração, um hotel, um restaurante, alojamentos e uma biblioteca.

Um conjunto de painéis fotovoltaicos no telhado e na fachada sudoeste, permitem não só gerar electricidade como também, conseguem regular a sombra e o ambiente interior devido às suas especificidades de densidade. Os painéis foram altamente estudados por equipas de especialistas que propuseram uma densidade diferente dependendo do seu sítio de colocação. Assim, no local acima dos blocos, a densidade rondaria os 86% para uma mais eficaz sombra, enquanto que num local vazio, a densidade seria de 58%. Desta maneira, conseguem prevenir o sobreaquecimento a que uma estrutura de vidro está sempre sujeita. Este conjunto de painéis forma a maior central de energia do mundo implementada num edifício, e é também o primeiro exemplo em que os painéis formam o telhado e não são apenas colocados em cima deste.

A estrutura principal e a fachada são de madeira, material renovável e natural e a pele de vidro permite uma ventilação para que o ar não seja exaustivo. Nas imagens 62 e 63 pode ser visto o esquema de funcionamento tanto em período de Verão como de Inverno.

Quando se fala em todas estas diferentes abordagens não se pode esquecer que os *“arquitectos jogam muitos jogos ao mesmo tempo, utilizando muitas imagens,”*³¹ e por isso, em inúmeros casos, estas imagens interligam-se. Veja-se, o exemplo do projecto Druck White Lotus School, no Tibete. Para compreender este projecto, é essencial perceber as características do local, nomeadamente o seu clima, implantação e cultura. A escola localiza-se em Ladakh, perto da fronteira ocidental do Tibete (latitude 37° 06 N'). O clima é de extremos. No Inverno chega a temperaturas de -30°C em certos locais, devido a uma altitude de 3500m e no verão o sol é extremamente forte. O local é parecido com o deserto, com pouca vegetação e é árido. Um lugar, portanto, com forte

31 WILLIAMSON, Terry; RADFORD, Antony; BENNETTS, Helen - *Understanding sustainable architecture*.p.33. – “Architects play many games at once, using many images.”

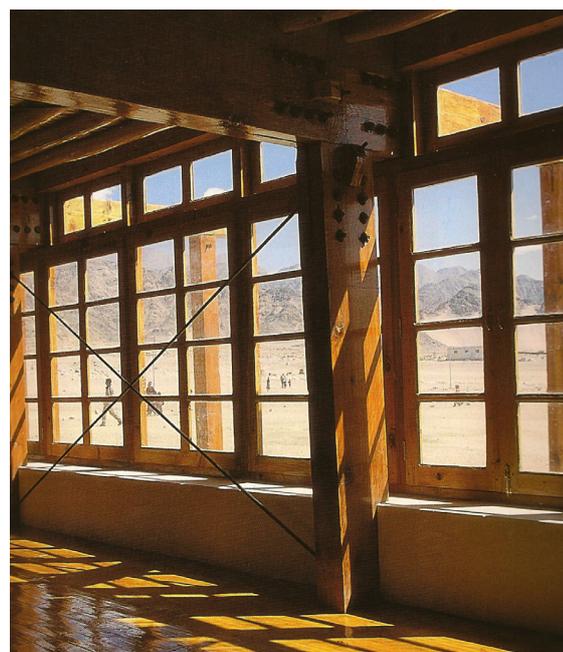
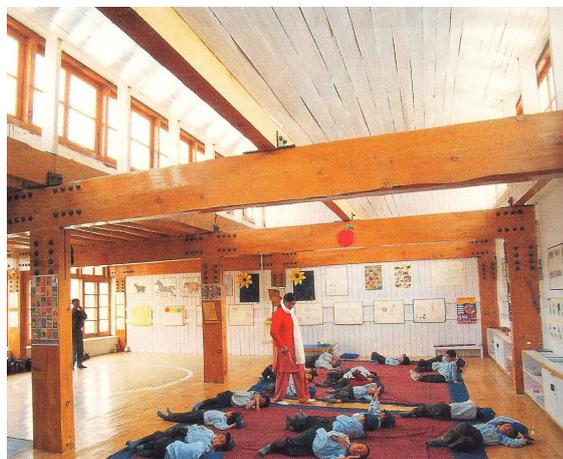
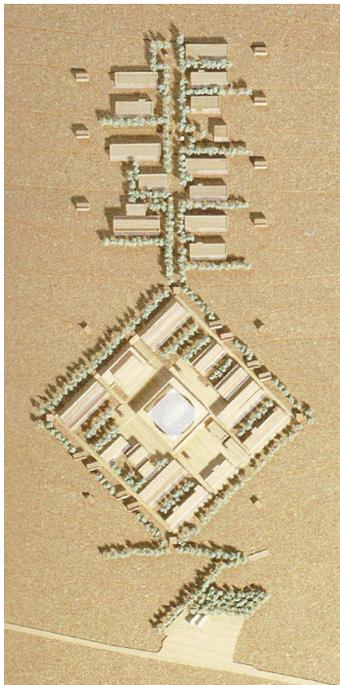


FIG 64: Druck White Lotus School, no Tibete, arquitetos Arup e associados, 2001-2006.

exposição solar e com uma densidade muito baixa de pluviosidade. O eixo principal do projecto está orientado a norte-sul para que as principais fachadas estejam a receber sol matinal de sul-sudeste, o que favorece a iluminação e a quantidade térmica do edifício.

A implantação consiste basicamente numa planta quadrada, onde se distribuem as salas de ensino em torno de um círculo central e uma espinha dorsal, com um corredor enorme (relacionado com conotações simbólico-espirituais dos budistas; exprime o caminho da vida) que permite dar acesso às residências distribuídas em blocos por este caminho. Estas encontram-se desalinhadas de propósito para romper a monotonia deste eixo que acaba no templo. Ao seu redor estão plantadas árvores que são regadas com água reutilizada. Numa outra área, a oeste destes complexos, está a infra-estrutura geradora de energia e também um poço.

Na sua maioria foi construído com materiais locais como pedra, terra, madeira e palha e para isso utilizou mão-de-obra intensa e procurou usar as empresas locais divulgando, assim, os sistemas de construção passivo. As paredes compostas por pedra granítica possuem uma elevada inércia térmica e uma adequada resistência sísmica. A madeira, utilizada para a estrutura, foi adquirida a produtores locais e o cimento e vidro foram obtidos por distribuidores na zona próxima, para evitar gastos de transporte.

Este projecto é importante na abordagem que faz aos três grandes campos que compõem a sustentabilidade. Apresenta uma compreensão social, através do conhecimento da cultura e interacção das necessidades dos utilizadores (imagem cultural); em termos económicos, por incentivar o uso de materiais, técnicas e mão-de-obra locais, e preocupação com o ambiente (imagem natural); procurando não interferir no ecossistema e tornar este espaço num ciclo fechado sustentável em que a energia necessária é proveniente de painéis fotovoltaicos (imagem tecnológica).



FIG 65: Habitação Unifamiliar em Ohling, Áustria, arquitectos Poppe, 1999.



FIG 66: Habitação de baixo consumo energético em Bregenz, de Daniel Sauter, 2001. O sistema de painéis fotovoltaicos está estruturalmente e esteticamente integrado na fachada.

Sistemas incorporados – a pele do edifício

“Como a interface entre o interior e o exterior, isto é, entre controlada e incontrolável, a fachada e o telhado são os elementos arquitectónicos onde os sistemas sustentáveis estão localizados. E aqui está o problema, porque também é na fachada que muita articulação da arquitectura é localizada. Com o sustentável e o formal a competir na pele, não é nenhuma surpresa que muita da conotação negativa da palavra-S esteja na estética. (...) Proponho repensar os princípios da sustentabilidade, para que o termo-S não seja utilizado como um brilho para a justificação moral do excesso formal ou como uma ferramenta de marketing pelas chamadas corporações progressivas.”³²

Com o aparecimento da arquitectura sustentável, o homem procurou, através da tecnologia, responder a alguns problemas. Os novos sistemas de captação energética que funcionam como um intermediário entre a radiação e o próprio espaço construído, são novidades do programa. Para a disciplina da arquitectura, a questão principal consiste na qualidade da integração destes sistemas no conceito do trabalho arquitectónico.

Os modos de captação solar são, à partida objectos com uma grande presença, pelo menos visual. Como é o caso dos sistemas fotovoltaicos, que têm um grande impacto na composição do objecto espacial, ao contrário de medidas passivas como por exemplo a densidade, forte isolamento, vidros de alta qualidade entre outros.

A implementação destes componentes técnicos não pode continuar a ser acrescentada nos edifícios mas deve ser incluída desde a fase de projecto.

Os sistemas fotovoltaicos, na maioria das vezes aplicados nas coberturas das habitações, permitiram uma valorização e consequente libertação criativa no desenho deste elemento construtivo que é considerada a quinta fachada, tão importante como as

32 O'DONNELL, Caroline – Log. p.22 – “As the interface between inside and outside, that is, between controlled and uncontrollable, the façade and the roof are the architectonic elements where sustainable systems are located. And here is the problem, because it is also in the façade that much architectural articulation is located. With the sustainable and the formal competing at the skin, it is no surprise that much of the negative connotation in the S-word is in the aesthetic. (...)I am proposing to rethink the principles of sustainability so that the S-word is not used as a gloss for the moral justification of formal excess or as a marketing tool by so-called progressive corporations.”



FIG 67: Colectores solares planos integrados na fachada de um conjunto habitacional em Batschuns, Vorarlberg, Áustria, de Walter Unterainer, 1997.

a representação do espaço construído [resultado]

outras fachadas verticais. O desafio consiste na harmonização entre aspectos técnicos como por exemplo a quantidade necessária de área coberta por painéis, com a forma, orientação e inclinação da cobertura. A adaptação dos painéis à escala do projecto, seja de que escala for, é fundamental, como qualquer outra peça na composição do edifício. Se estes não forem adequados esteticamente ao projecto, o efeito visual será fraco e mesmo desconfortável, denegrindo a sua imagem. Desta maneira, como é que estes novos elementos da construção podem ser incluídos no projecto e como irão mudar a qualidade da cultura arquitectónica?

No passado, os elementos eram diferentes e ajudavam também a compor a forma arquitectónica dos edifícios, como podemos observar no caso do desenho do elemento arquitectónico que é a chaminé, feito pelo arquitecto Frank Lloyd Wright em muitos dos seus projectos. Este arquitecto deu grande valor a este pormenor, conferindo-lhe uma importância a nível funcional e ao mesmo tempo estético.

Actualmente, estes “adereços” são abordados de maneiras diferentes: por um lado são assumidos como elementos primordiais do projecto (normalmente em edifícios associados a empresas que pretendem transmitir uma imagem “amiga do ambiente”) ou por oposição existe a intenção de “escondê-los” da visão, como por exemplo através da regulação do tamanho da platibanda e, numa perspectiva intermédia, está a tentativa da sua implementação como parte integrante do projecto, como se pode verificar nas imagens 65 e 66.

A pele do edifício, ao mesmo tempo que serve como barreira climática, serve também como barreira visual, devendo ser pensada sempre nestes dois sentidos, para que a estética e a ecologia funcionem em sintonia numa arquitectura sustentável.

4. CONCLUSÃO

Como será a vida daqui a 50 – 100 anos? Quais serão as efectivas consequências do previsto aquecimento global e do aumento exponencial da população mundial? Quais serão as respostas a esta crise por parte da arquitectura? Iremos voltar a uma matriz vernacular ou optar por resolver o problema, através de tecnologia?

O futuro apresenta-se com inúmeras incertezas, no entanto, coloca-se uma dúvida em relação ao presente: existe, verdadeiramente, aquilo que chamamos hoje de arquitectura sustentável?

“Hoje em dia, orgulhosamente ostentando um vício saudável ao formalismo e subscrevendo a doutrina de que a arquitectura só pode alterar a arquitectura, a mesma pergunta intriga-me como o fez anteriormente: Porque há tão pouca arquitectura em arquitectura sustentável?”¹

Existe uma dicotomia entre arquitectura e sustentabilidade que inevitavelmente não podemos deixar de verificar. A arquitectura é uma disciplina que vive da exploração

1 O'DONNELL, Caroline - “Log”. p.21- “Nowadays, proudly sporting a healthy addiction to formalism and subscribing to the doctrine that architecture can only change architecture, the same question niggles me as it did then: Why is there so little *architecture* in sustainable architecture?”

[est]ética sustentável

dos recursos, é a expressão material da fronteira entre ambientes (natural e construído) enquanto que a sustentabilidade vive da sua preservação. Como nos aparece, então, uma arquitectura que se diz sustentável?

Visto por outro lado, se pensarmos a arquitectura como um animal que necessita de se alimentar (de recursos naturais transformados através de energia) para sobreviver, compreendemos que pode fazer parte de um ciclo, em que o impacto que gera não é tão prejudicial como anteriormente. A sustentabilidade obriga-nos, assim, a considerar a arquitectura como um organismo que, quando colocado num determinado ecossistema, seja obrigado a adaptar-se de um modo pacífico.

Contudo, o projecto sustentável vive hoje de muita tecnologia, e por isso está fortemente associada ao artificial, criando um maior distanciamento com o envolvente. Em muitos dos casos as tecnologias “absorvem” a verdadeira noção de sustentabilidade.

Um dos mais importantes factores na conquista da verdadeira arquitectura sustentável é a conciliação entre o ser humano e o seu ambiente. *Contextualização* é a chave que permite que a questão formal volte a ser integrada na arquitectura que chamamos hoje de sustentável. Deste modo, esta arquitectura não acontece através de modos mecânicos mas sim dos pressupostos arquitectónicos, como são as estratégias formais de proporção ou orientação. Assim, sublinham-se as prioridades de harmonia de um ambiente abstracto que não dispensa tecnologias e mecanismos mas que não é gerida por estes.

A arquitectura sustentável é compreendida de variadas maneiras. Para alguns representa o medo do abandono de preferências estilísticas e método comum de trabalho, para outros aparece como a oportunidade de um desenvolvimento tecnológico. No entanto, para aqueles que procuram voltar atrás e perceber os fundamentos em que se baseia a disciplina, caracteriza-se pela compreensão de uma unidade que implica o conjunto de arte, filosofia e tecnologia no sistema integrado com a natureza.²

Esta última visão, que se pensa ser a mais íntegra, é também a que mais reformas e revisões irá propor à arquitectura.

² WINES, James – *Green architecture*. p.225.

[est]ética sustentável

Contudo, e talvez por receio de grandes mudanças, o rumo que estamos a seguir está voltado para os sistemas mecânicos. O perigo actualmente pode ser, esse mesmo, o de confiar em tecnologia para “salvar” a situação em que nos encontramos. Soluções que, em primeira instância, podem funcionar mas que não vão resolver o problema. É absolutamente necessário uma nova filosofia baseada na comunhão com a natureza, para que em vez de continuarmos a reparar cada problema, tenhamos a possibilidade da sua resolução de raiz, alterando as nossas prioridades, como seres humanos consumistas, optando por um pensamento ecológico. Para cumprir este objectivo é necessário criar uma ligação entre tecnologia com uma filosofia ecológica a que os arquitectos vão ter de integrar numa linguagem visual.

Conhecemos a imagem sustentável de diferentes modos. Através da arquitectura *low-tech*, que se pode associar ao vernacular, à verdade dos materiais naturais e ao contexto cultural e da arquitectura *eco-tech*, que defende a tecnologia como principal fonte de resolução de um dos principais problemas desta crise - o esgotamento de combustíveis fósseis - ou seja, a viragem para as energias activas renováveis. Depois de analisar as duas abordagens não nos é permitido validar apenas uma solução, uma só estética, ambas procuram resolver o problema, mas com métodos completamente divergentes devido às vicissitudes locais.

O consumo de energia e a escolha dos materiais são estudados, neste trabalho, como factores práticos, de maneira a perceber como o organismo arquitectónico pode viver mais tempo, reduzindo a quantidade de resíduos e desperdício.

A arquitectura precisa de energia para viver e é como resposta a essa necessidade que foram criadas normas e cálculos programáticos que permitem estipular os gastos e necessidades energéticas de determinados edifícios. No entanto, apesar de admitirem um controlo prático, este tipo de normas devem ser vistas como ferramentas e não como soluções únicas, para que não se tenha tendência a cair numa monotonia de respostas que não seriam, de todo, sustentáveis.

Podemos constatar que, na actualidade, a sustentabilidade ainda não consegue ser mais do que um conjunto de pequenas intervenções pontuais, quando o que

[est]ética sustentável

Conclusão

carecemos é de uma mudança global. Por outro lado, a ideia de que “cada passo conta” também é válida mas, para que seja verdadeira, tem que ser constante em todos os níveis da acção humana, tanto no ramo social, ambiental como económico, mas não desvalorizando a filosofia e estética a estes associada.

A arquitectura dita sustentável é um motor em clara expansão, e devido à sua complexidade e contradição em alguns ramos interdisciplinares é de difícil compreensão, no entanto é graças a estes desafios que o Mundo consegue crescer. Como afirma Picasso:

“Forçando-se a utilizar meios limitados no tipo de restrição que liberta inventar. Obriga a fazer um tipo de progresso que nem pode imaginar antecipadamente.”³

O objectivo desta arquitectura sustentável é o de desaparecer e ser substituída apenas pela doutrina da arquitectura. Todavia, isto só poderá acontecer quando uma mudança generalizada estiver incrementada e vigente na sociedade.

³ PICASSO, Pablo – in WINES, James – *Green architecture*. p.102. - “Forcing yourself to use restricted means in the sort of restraint that liberates inventing. It obliges you to make a kind of progress you can not even imagine in advance.”

BIBLIOGRAFIA

ALBERTI, Leon Battista - **On the art of building in ten books**. Cambridge (Mass.) : MIT Press, 1988. ISBN 026251060X. Vol.10.

ALVES, Joana - **Vários tons de verde**. Coimbra : [s. n], 2007. 100 p. Prova Final de Licenciatura apresentado ao Departamento de Arquitectura.

“Larca”. Bergamo. 2000, nº149. ISSN 0394-2147.

“Area”. Milão. 2008, nº 99. ISSN 0394-0055.

“Arq/a”. Lisboa. 2007, nº 51.

“Arq/a”. Lisboa. 2007, nº 52.

“Arquitectura & construção.” Oeiras. 2003, nº 22. ISSN 0874-050.

“Arquitectura ibérica”. Casal de Cambra. 2006, nº 15. ISSN 1645-9415.

BALL, Philip – **Made to measure: new materials for the 21st century**. New Jersey : Princeton University Press, 1999. 447 p. ISBN 0691009759.

DEPLAZES, Andrea; SÖFFKER, G.H.- **Constructing architecture: materials, processes, structures, a handbook**. 2nd ed. Berlin : Birkhäuser, 2008. ISBN 9783764386306.

[est]ética sustentável

“Detail”. München, 2007, nº47. ISSN 0011-9571.

DUTRA, Luciano; LAMBERTS, Roberto; PEREIRA, Fernando O. R. - **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo : PW Editores, 1997. 188 p. ISBN 8586759015.

EDWARDS, Brian, ed. - **Green buildings pay**. 2nd ed. London; New York : Spon Press, 2003. 216 p. ISBN 0415262712.

EDWARDS, Brian - **Guía básica de la sostenibilidad**. 2^a ed. Barcelona : Editorial Gustavo Pili, 2008. 223 p. ISBN 9788425222085.

ELKADI, Hisham – **Cultures of glass architecture**. Hampshire : Ashgate Publishing Limited, 2006. 101 p. ISBN 0754638138.

FALKENBERG, Naïke, ed. - **Eco architecture, urban style: maisons de ville/ städtische häuser**. Köln : Evergreen, 2008. 255 p. ISBN 9783836508209.

FALKENBERG, Naïke, ed. - **Eco architecture, natural flair: maisons de campagne/ ländliche häuser**. Köln : Evergreen, 2008. 255 p. ISBN 9783836508223.

FARMER, John - **Green shift: changing attitudes in architecture to the natural world**. 2nd ed. Oxford : Architectural Press, 1999. 237 p. ISBN 0750643404.

FEIREISS, Kristin; FEIREISS Lukas, ed. - **Architecture of change: sustainability and humanity in the built environment**. Berlin : Gestalten, 2008. 303 p. ISBN 9783899552119.

FOSTER, Norman, ed. – **Catalogue Foster and partners**. München : Prestel, 2005. 316 p. ISBN 3791332988.

FOX, Warwick, ed. – **Ethics and the built environment**. London : Routledge, 2000. 221 p. ISBN 0415238781.

FUNKEN, Karl-Heinz - **Solar thermal power plants and solar chemical processes- advances and perspectives for international cooperation**. Köln : Wolfhart Bucher, 2001. 165 p.

GAUZIN-MULLER, Dominique - **Sustainable architecture and urbanism: concepts, technologies, examples**. Basel : Birkhäuser, 2002. 255 p. ISBN 3764366591.

GIMENÉZ, António; MONZONIS, Conchi - **Arquitectura sostenible vol. 5**. Valencia : Editorial Pencil, 2007. 360 p. ISBN: 978-84-93514532.

GONZALO, Roberto; HABERMANN, Karl – **Energy-efficient architecture: basics for planning and construction**. Basel : Birkhäuser, 2006. 224 p. ISBN 3764372532.

[est]ética sustentável

A green vitruvius: princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável. Lisboa : Edição da Ordem dos Arquitectos, 2001. 146 p. ISBN 9729766827.

HARRAH, Barbara; HARRAH, David - **Alternative sources of energy: a bibliography of solar, geothermal, wind, and tidal energy, and environmental architecture.** Metuchen : The scarecrow Press, Inc, 1975. 201 p. ISBN 0810808390.

HARRIES, Karsten – **The ethical function of architecture.** London : The MIT Press, 1998. 403 p. ISBN 0262082527.

HEGGER, Manfred – **Construction materials manual.** Munich : Edition Detail, 2006. 280 p. ISBN 3764375701.

HERZOG, Thomas – **Facade construction manual.** Munich : Edition Detail, 2004. 320 p. ISBN 3764371099.

“JA”. Lisboa. 2008, nº 230. ISSN 0870-1504.

JOHNSON, Timothy E. - **Solar architecture: the direct gain approach.** New York; London : Massachusetts Institute of Technology, 1983. 218 p. ISBN 007032598.

LEACH, Neil – **A anestética da arquitectura.** Lisboa : Antígona, 2005. 153 p. ISBN 9726081807.

LE CORBUSIER – **Precisões: sobre um estado presente da arquitectura e do urbanismo.** São Paulo : Cosac & Naify, 1929. 295 p.

LEE, KAIMAN- **Encyclopedia of energy-efficient building design.** Boston : Environmental Design and Research Centre, 1997. 1021 p. ISBN 0915250187.

LE GOURIÉRÈS, D. - **Wind power plants: theory and design.** Oxford : Pergamon Press, 1982. 285 p. ISBN 0080299679.

LIPTÁK, Béla - **Post-oil energy technology: the world's first solar-hydrogen demonstration power plant.** New York : CRC Press, 2009. 571 p. ISBN 9781420070255.

“Log”. New York. 2006, nº8. ISSN 15474690.

MATEO, Joseph Lluís; SAUTER, Florian – **Natural metaphor: architectural papers III.** Barcelona : Actar, 2008. 176 p. ISBN 9788496954083.

MCCARTHY, Battle – **Wind towers: detail in building.** London : Academy Editions, 1999. 95 p. ISBN 0471980870.

[est]ética sustentável

MCDONOUGH, William [et. al.] – The Hannover principles: design for sustainability [Em linha]. Hannover : William McDonough & Partners, 1992. [Consult. 2009]. Disponível na Internet:<URL: <http://www.mcdonough.com/>.

MINKE, Gernot – **Building with earth: design and technology of a sustainable architecture**. Berlin : Birkhauser, 2006. 199 p. ISBN 9783764374778.

MONTANER, Josep Maria - **As formas do século XX**. Barcelona : Editorial Gustavo Gili, 2002. 263 p. ISBN 8425218977.

“Revista independente de arquitectura + tecnologia”. Victoria-Gasteiz. 2004, nº23. ISSN 1132-6409.

NEILA GONZÁLEZ, F. Javier - **Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible**. Madrid : Munilla-Lería, 2004. 443 p. ISBN 8489150648.

NOGUEIRA, Vítor - **Educação ambiental, introdução ao pensamento ecológico**. Lisboa : Plátano Edições Técnicas, 2000. 87 p. ISBN9727073026.

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

PATEL, Mukund R. - **Wind and solar power systems: design, analysis, and operation**. 2nd ed. Boca Raton : CRC Taylor and Francis, 2006. 448 p. ISBN 9780849315701.

PERPIÑÁN, O. [et. al] – Forum solar: a large pergola for forum 2004 [Em linha]. Barcelona : Isofoton S.A, 2004. [Consult 2008]. Disponível na Internet: < URL: <http://www.isofoton.com/corporate/material/pdf/ponencias/02.pdf>.

PORTEOUS, Colin - **The new eco-architecture: alternatives from the modern movement**. London : Spon press – Taylor and francis group, 2002. 212 p. ISBN 0415256259.

RICHARDSON, Phyllis - **Xs ecológico: grande ideias para pequenos edifícios**. Barcelona : Gustavo Gili, 2007. 223 p. ISBN 9788425221712.

RODRIGUES, Carla - **(In)sustentabilidades urbanas: sustentabilidade território e cidade**. Coimbra : [s. n], 2008. 175 p. Prova Final de Licenciatura apresentado ao Departamento de Arquitectura.

RUDOFISKY, Bernard – **Architecture without architects: a short introduction to non-pedigree architecture**. London : Academy Editions, 1964. 157 p.

SASSI, Paola - **Strategies for sustainable architecture**. New York : Taylor and Francis, 2006. 306 p. ISBN 9780415341424.

[est]ética sustentável

SCHITTICH, Christian, ed. – **Solar architecture: strategies, visions, concepts**. München : Edition Detail, 2003. 176 p. ISBN 3764307471.

SCHLEIFER, Simone - **Pequeñas casas ecológicas, piccolo case ecologiche, pequenas casas ecológicas**. Köln : Taschen, 2007. 191 p. ISBN 9783822840504.

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

SCRUTON, Roger – **Estética da arquitectura**. Lisboa : Edições 70, 1979. 285 p. ISBN 0416859704

SHARP, Samantha; CARTER, David.[et. al.] – Housing and health : building for the future [Em linha]. London : British Medical Association, 2003. [Consult. 2009]. Disponível na Internet:<URL: http://www.bma.org.uk/health_promotion_ethics/environmental_health/housinghealth.jsp>. ISBN 0727917781.

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

SANT'ANA, Carlos; RUSCONI, Isabella; MELO, Inês; ALVES, Miguel; GRIMAL, Florène. - **SA54 Zero, Lisboa, 2006 concurso TEKTONICA2006** [Em linha]. (2006). [Consult. 2009]. Disponível na Internet:<URL: http://sa-arquitectos.com/proj_pt/proj_54_1_pt.html>.

STEEMERS, Koen; STEANE, Mary Ann - **Environmental diversity in architecture**. New York : Spon Press, 2004. 237 p. ISBN 0415314771.

STEEMERS, Koen – Establishing research directions in sustainable building design [Em linha]. (2003). [Consult. 2009]. Disponível na Internet:<URL: http://www.tyndall.ac.uk/research/theme2/final_reports/it1_28.pdf> .

TAVARES, Domingos – **Leon Battista Alberti: teoria da arquitectura**. Porto : Dafne Editora, 2004. 139 p. ISBN 9729901937.

TÁVORA, Fernando – **Da organização do espaço**. 7^a ed. Porto : Inova, 2007. 75 p. ISBN 9789729483226.

TIRONE, Livia; NUNES, Ken - **Construção sustentável: soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã**. Sintra : Tirone Nunes SA, 2007. 231 p. ISBN 9789892011912.

VENTURI, Robert – **Complexidade e Contradição em arquitectura**. São Paulo : Martins Fontes, 1995. 231 p. ISBN 853303574.

[est]ética sustentável

VILLAR, Mauro de Salles; FRANCO, Francisco – **Dicionário Houaiss**. Lisboa : Círculo de Leitores, 2007. 642 p. ISBN 9789724239187.

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

WILLIAMSON, Terry; RADFORD, Antony; BENNETTS, Helen - **Understanding sustainable architecture**. London ; New York : Spon Press, 2003.160 p. ISBN 0415283523.

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

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

Websites consultados:

http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php [Consult. 2008]

<http://www.ipcc.ch> [Consult. 2008]

<http://www.inhabitat.com/2007/11/14/power-generating-wind-dam-by-chetwood-associates/> [Consult.2008]

<http://www.clubofrome.org/docs/limits.rtf> [Consult. 2008]

www.fosterandpartners.com [Consult. 2009]

www.sa-arquitectos.com [Consult. 2009]

http://artecapital.net/arq_des.php?ref=10 [Consult. 2009]

<http://www.archdaily.com/23368/vertical-park-jorge-hernandez-de-la-garza/> [Consult. 2009]

<http://www.archdaily.com/28903/plantagons-vertical-farm/> [Consult. 2009]

<http://www.mvrdiv.nl/#/projects/181pigcity> [Consult. 2009]

<http://www.geopolymer.com.br> [Consult. 2009]

[est]ética sustentável

FONTES DAS IMAGENS

- FIG. 1: http://www.unicef.org/sowc06/pdfs/map_future.pdf
- FIG. 2: <http://www.timeinc.net/fortune/services/sections/customprojects/environment.html>
- FIG. 3: http://www.casadavizinha.eu/index.php/artigos/in_sustentavel/
- FIG. 4: LE CORBUSIER – *Precisões: sobre um estado presente da arquitectura e do urbanismo*. p.75.
- FIG. 5: <http://www.proholz.at/zuschnitt/27/bilder.htm>
- FIG. 6: GONZALO, Roberto; HABERMANN, Karl – *Energy-efficient architecture: basics for planning and construction*. p. 15
- FIG. 7: <http://www.foodmag.com.au/Article/Feature-on-Sustainable-Manufacturing/433716.aspx>
- FIG. 8: <http://www.emis.de/journals/NNJ/Frings-fig05.html>
- FIG. 9: <http://www.fastcompany.com/blog/michael-cannell/cannell-0?page=4>
- FIG. 10: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.61.
- FIG. 11: GONZALO, Roberto; HABERMANN, Karl – *Energy-efficient architecture: basics for planning and construction*. p. 194, 195, 196 e 198.
- FIG. 12: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.155 e 159.
- FIG. 13: MCCARTHY, Battle – *Wind towers: detail in building*. p.20 e 24.
- FIG. 14: MCCARTHY, Battle – *Wind towers: detail in building*. p.26.
- FIG. 15: MCCARTHY, Battle – *Wind towers: detail in building*. p.17.
- FIG. 16: SCHNEIDER, Tatjana; Till, Jeremy – *Flexible housing*. p. 64.
- FIG. 17: STEEMERS, Koen; STEANE, Mary Ann - *Environmental diversity in architecture*. p. 74.
- FIG. 18: STEEMERS, Koen; STEANE, Mary Ann - *Environmental diversity in architecture*. p. 75.
- FIG. 19: <http://www.afewthoughts.co.uk/flexiblehousing>.
- FIG. 20: FEIREISS, Kristin; FEIREISS Lukas, ed. - *Architecture of change: sustainability and humanity in the built environment*. p. 211.
- FIG. 21: GONZALO, Roberto; HABERMANN, Karl – *Energy-efficient architecture: basics for planning and construction*. p.203.
- FIG. 22: GONZALO, Roberto; HABERMANN, Karl – *Energy-efficient architecture: basics for planning and construction*. p.203.
- FIG. 23: SMITH, Peter F. - *Architecture in a climate of change: a guide to sustainable design*. p.66.
- FIG. 24: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.25.
- FIG. 25: WINES, James – *Green architecture*. p. 103.
- FIG. 26: FOSTER, Norman, ed. – *Catalogue Foster and partners*. p. 265 e 267.
- FIG. 27: FOSTER, Norman, ed. – *Catalogue Foster and partners*. p.266.
- FIG. 28: <http://www.igreenspot.com/vertical-park-eco-friendly-skyscraper/>
- FIG. 29: <http://www.animalarchitecture.org/?p=188>
- FIG. 30: <http://www.archdaily.com/21555/harvest-green-project-romses-architects/>
- FIG. 31: <http://www.mvrdiv.nl/#/news/181pigcity>
- FIG. 32: <http://www.archdaily.com/tag/sweden/>
- FIG. 33: MATEO, Joseph Lluís; SAUTER, Florian – *Natural metaphor: architectural papers III*. p.10.
- FIG. 34: http://sevencolors.org/images/photo/original/earth_lights.jpg
- FIG. 35: http://www.kuroneko-chan.com/echoes/images/h_o_tomorrow01.jpg

[est]ética sustentável

FIG 36: <http://www.artic.edu/aic/libraries/research/specialcollections/oralhistories/keck.html>

FIG 37: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.63.

FIG 38: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.67.

FIG 39: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.146, 150 e 151.

FIG 40: WINES, James – *Green architecture*. p. 133 e 135.

FIG 41: WINES, James – *Green architecture*. p. 132 e 136.

FIG 42: LEE, KAIMAN- *Encyclopedia of energy-efficient building design*. p.636.

FIG 43: GONZALO, Roberto; HABERMANN, Karl – *Energy-efficient architecture: basics for planning and construction*. p.5.

FIG 44: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.31.

FIG 45: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.10.

FIG 46: www.vulgare.net/placa-fotovoltaiica-del-forum-martinez-lapea-elas-torres-barcelona-spain/

FIG 47: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p. 29.

FIG 48: GONZALO, Roberto; HABERMANN, Karl – *Energy-efficient architecture: basics for planning and construction*. p.208.

FIG 49: www.oregonstate.edu/dept/ncs/photos.html.

FIG 50: http://news.cinet.com/8301-1010784_3-9805320-7.html.

FIG 51: “Area”. Milão. 2008, nº 99. p.18.

FIG 52: FOSTER, Norman, ed. – *Catalogue Foster and partners*. p. 214 e 215.

FIG 53: <http://www.ecofriend.org/entry/wind-dam-redefining-the-role-of-sails/>

FIG 54: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.149 e 150.

FIG 55: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.151.

FIG 56: <http://www.lacatonvassal.com/index.php?idp=37>

FIG 57: <http://www.amazon.fr/Less-Aesthetics-More-Ethics-International/dp/0847823474>

FIG 58: RUDOLFSKY, Bernard – *Architecture without architects: a short introduction to non-pedigree architecture*. imagens número 114 e 115.

FIG 59: <http://www.anna-heringer.com/index.php?id=31>

FIG 60: WINES, James – *Green architecture*. p.130 e 131.

FIG 61: GONZALO, Roberto; HABERMANN, Karl – *Energy-efficient architecture: basics for planning and construction*. p.143 e 147.

FIG 62: <http://www.akademie-mont-cenis.de/EN/index.html>

FIG 63: <http://www.akademie-mont-cenis.de/EN/index.html>

FIG 64: GONZALO, Roberto; HABERMANN, Karl – *Energy-efficient architecture: basics for planning and construction*. p.188, 189, 192 e 193.

FIG 65: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.32.

FIG 66: JOHNSON, Timothy E. - *Solar architecture: the direct gain approach*. p.33.

FIG 67: GONZALO, Roberto; HABERMANN, Karl – *Energy-efficient architecture: basics for planning and construction*. p.37.