Universidades Lusíada

Gomes, Hugo Filipe Ferreira

Produção de energia na arquitectura : condicionantes do projecto

http://hdl.handle.net/11067/3101

Metadados

Data de Publicação 2009

Resumo A arquitectura, cada vez mais, tem vindo a debruçar-se sobre numerosos aspectos que visam a sustentabilidade dos edifícios contribuindo para uma racionalização do consumo energético. A elaboração de projectos sustentáveis procura assim proteger o meio ambiente sendo a energia a principal responsável pelas más práticas na arquitectura. No entanto, utilizar a energia solar passiva por parte da arquitectura não é suficiente. Torna-se imperativo utilizar a tecnologia mais actual de redução e produçã...

The architecture, increasingly, has been going over many aspects aimed at the sustainability of buildings contributing to the rationalization of energy consumption. The development of sustainable projects for so protect the environment and energy mainly responsible for the bad practices in architecture. However, using passive solar energy by the architecture is not enough. It is imperative to use the most current technology of energy reducing and producing in favor of the architecture has to max...

Palavras Chave Arquitectura, Arquitectura e ambiente, Arquitectura sustentável

Tipo masterThesis

Revisão de Pares Não

Coleções [ULP-FAA] Dissertações

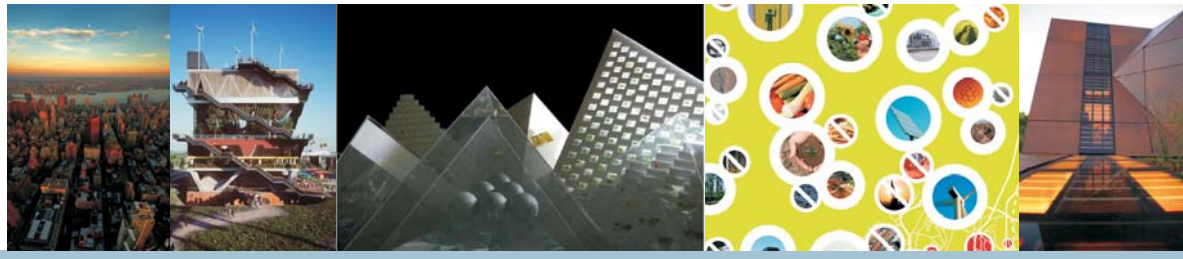
Esta página foi gerada automaticamente em 2024-04-17T00:05:25Z com informação proveniente do Repositório

http://repositorio.ulusiada.pt

PRODUÇÃO DE ENERGIA NA ARQUITECTURA
Hugo Ferreira Gomes

PRODUÇÃO DE ENERGIA NA ARQUITECTURA

Hugo Ferreira Gomes



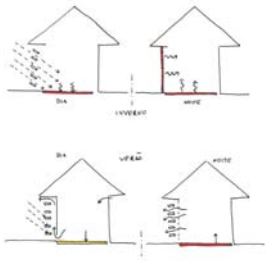
ARQUITECTURA

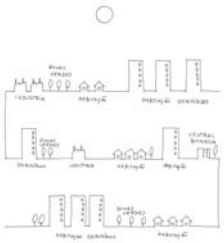
08|09

Orientador

Prof. Doutor Fernando Mariz

UNIVERSIDADE LUSÍADA
faculdade de arquitectura e artes





UNIVERSIDADE LUSÍADA DO PORTO

PRODUÇÃO DE ENERGIA NA ARQUITECTURA

CONDICIONANTES DO PROJECTO

Hugo Filipe Ferreira Gomes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre

Porto - 2009

Agradecimentos

Poder ver finalizada esta dissertação é não só um orgulho e uma satisfação enorme, mas um ponto de partida para uma nova etapa que se aproxima.

Gostaria de agradecer incondicionalmente à minha família pela ajuda e paciência que me deram ao longo deste período académico e também, todo o apoio que me deram para a realização desta dissertação.

À Patrícia pela ajuda e apoio em todos os momentos numa dissertação que se arrastou durante muito tempo.

Ao Professor Doutor Fernando Mariz pela sua disponibilidade e ajuda que me deu para conseguir tornar uma investigação pessoal numa dissertação de finalização de mestrado. Ao professor Arquitecto Ricardo Matos a disponibilidade e as palavras de orientação assim como ao Arquitecto Nuno Matos as discussões sobre o tema.

Às empresas e técnicos de uma forma geral agradeço a disponibilidade e toda a documentação técnica enviada.

Índice

Agradecimentos III
Índice V
Abstract VIII
Resumo IX
Palavras-chave X
Lista de abreviaturas XI
Introdução 1
1 Contextualização do problema energético na arquitectura 5
1.1 Introdução 5
1.2 A arquitectura e a energia 7
1.3 A evolução do consumo de energia na arquitectura 8
1.4 Consequências do consumo de energia na arquitectura 12
1.4.1 O aquecimento global e a sua origem 12
1.4.2 O alerta das nações unidas para o aumento da população 17
1.5 Definições e conceitos de arquitectura amiga do ambiente 18
1.6 Conclusão do capítulo 21
2 A energia passiva 23
2.1 Introdução 23
2.2 A energia no edifício 25
2.3 A arquitectura e o clima 26
2.4 Conforto termo-higrométrico 26
2.5 Física da construção 27
2.6 Aplicação da tecnologia solar passiva 27
2.7 Pressupostos externos ao edifício 28
2.7.1 Localização 28
2.7.2 Orientação 29

2.7.3 Forma e afastamento 30
2.7.4 Vegetação 31
2.8 Pressupostos constituintes do edifício 32
2.8.1 Envolvente 32
2.8.2 Fenestração 33
2.8.3 Sombreamento 34
2.8.4 Ventilação 35
2.8.5 Zonamento térmico 35
2.9 Tecnologias solares passivas 36
2.9.1 Ganho directo 36
2.9.2 Ganho indirecto 36
2.9.3 Estufas 37
2.9.4 Condutas de ventilação 38
2.10 Motivos para a utilização das energias renováveis 39
2.11 Conclusão do capítulo 43
3 A produção de energia na arquitectura 45
3.1 Introdução 45
3.2 A energia solar activa 47
3.2.1 Definição 47
3.2.2 Funcionamento dos colectores solares 48
3.2.3 Funcionamento dos painéis fotovoltaicos 56
3.2.4 Vantagens e desvantagens da energia solar activa 62
3.2.5 A energia solar em Portugal 63
3.3 A energia eólica 65
3.3.1 Definição 65
3.3.2 Funcionamento do sistema eólico 65
3.3.3 Vantagens e desvantagens do sistema eólico 69
3.3.4 A energia eólica em Portugal 69
3.4 Bombas de calor 71
3.4.1 Definição 71
3.4.2 Funcionamento do sistema de bombas de calor 71
3.4.3 Vantagens e desvantagens do sistema de bombas de calor 75

3.5 Biomassa 76
3.5.1 Definição 76
3.5.2 Funcionamento da biomassa 77
3.5.3 Vantagens e desvantagens da Biomassa 79
3.5.4 A Biomassa em Portugal 81
3.6 Outras fontes de energia renovável 83
3.6.1 Pilhas de combustível 83
3.6.2 Biocombustíveis 85
3.7 A importância da inovação tecnológica para o arquitecto 87
3.8 Conclusão do capítulo 89
4 Aplicação a estudo de caso em projectos de arquitectura 91
4.1 Introdução 91
4.2 Aplicação a estudo de caso 92
4.2.1 Apresentação da proposta *SA54 Zero* 92
4.2.2 *Analise da proposta SA54 Zero* 99
4.2.3 Apresentação da proposta Little Denmark 101
4.2.4 Analise da proposta Little Denmark 121
4.3 Conclusão do capítulo 129
Conclusão: 131

Abstract

The architecture, increasingly, has been going over many aspects aimed at the sustainability of buildings contributing to the rationalization of energy consumption.

The development of sustainable projects for so protect the environment and energy mainly responsible for the bad practices in architecture.

However, using passive solar energy by the architecture is not enough. It is imperative to use the most current technology of energy reducing and producing in favor of the architecture has to maximize energy production by making the building self-sustainable

This study sought new ways to generate renewable energy solutions already available and the steps that will give the level of investigation of these systems.

The aim of this dissertation was to understand how the existing systems of energy production and its application by the architect can influence the architecture itself.

When and how the architect must think about how the building that is developing will interact with the energy and how it will influence the project itself.

Resumo

A arquitectura, cada vez mais, tem vindo a debruçar-se sobre numerosos aspectos que visam a sustentabilidade dos edifícios contribuindo para uma racionalização do consumo energético.

A elaboração de projectos sustentáveis procura assim proteger o meio ambiente sendo a energia a principal responsável pelas más práticas na arquitectura.

No entanto, utilizar a energia solar passiva por parte da arquitectura não é suficiente. Torna-se imperativo utilizar a tecnologia mais actual de redução e produção de energia em favor da arquitectura rentabilizando ao máximo a produção de energia tornando os edifícios auto-sustentáveis

Este estudo procurou analisar as novas formas de produção de energia renováveis, as soluções já disponíveis no mercado e os passos que se vão dando ao nível da investigação destes sistemas.

O objectivo desta dissertação foi compreender como funcionam os actuais sistemas de produção de energia e como a sua aplicação por parte do arquitecto pode influenciar a própria arquitectura.

Quando e como o arquitecto deve pensar na forma como o edifício que está a desenvolver vai interagir com a energia e como a mesma vai influenciar o próprio projecto.

Palavras-chave

Produção, desperdício, partilha, sustentabilidade

Lista de abreviaturas

CFC – Clorofluorcarboneto

GHG – Gases responsáveis pelo efeito de estufa

ONU – Organização das Nações Unidas

Fórmulas químicas:

CH_4 – Metano

CO_2 – Dióxido de Carbono

N_2O – Óxido nitroso

Introdução

Na actualidade fala-se muito sobre as alterações climáticas e suas consequências. Nos últimos tempos têm sido numerosos os encontros e debates sobre esta problemática, procurando soluções e mobilizando profissionais de várias áreas. A arquitectura pode contribuir para a resolução destes problemas apresentando estratégias para uma melhor gestão dos recursos e melhoria das condições de vida da população.

Objectivo da dissertação

Com este trabalho pretende-se analisar os sistemas de produção de energia sustentável e suas implicações com a arquitectura e com o trabalho do arquitecto.

Procura-se avaliar qual o impacto dos sistemas de produção de energia na arquitectura, qual o sistema de produção de energia mais eficiente e de que forma uma politica de eficiência energética irá transformar os programas funcionais ou de uso dos vários espaços que estruturam os edifícios.

Resumindo, de que modo os novos sistemas de produção de energia irão influenciar o processo conceptual de uma nova arquitectura.

Deste modo o trabalho procura do caminho mais correcto para a concretização dos princípios de sustentabilidade ao nível da redução e produção de energia na arquitectura.

Estado da questão

O estado da questão aponta para que até á data muito se tenha dito e escrito sobre sustentabilidade e boas práticas na implementação da produção de energia na arquitectura. Sobre esta matéria pesa o facto de na actualidade ser muito discutida a produção de energia nos edifícios principalmente no que toca à utilização de painéis solares. No entanto, a realidade aponta para um desconhecimento generalizado sobre este problema energético. Podemos mesmo considerar que até agora pouco se reflectiu sobre o estado da energia na arquitectura e como vai interferir no trabalho do arquitecto.

Oportunidade e relevância do trabalho

Alguns livros retratam métodos de poupar e produzir energia, regras básicas na aplicação de sistemas de apoio energético nos edifícios mas, a forma como este tipo de aplicações vai influenciar o trabalho do arquitecto raramente foi referido.

Por isso, a oportunidade do tema torna-se relevante já que, pretendemos cruzar informações existentes escritas e explorar assim um tema que nos parece descurado nos livros de arquitectura actuais.

Metodologia

Em consequência de tudo isto, começou-se por fazer um levantamento sobre todas as formas de produção de energia, que fossem representativas do objecto de estudo optando preferencialmente por sistemas que se intitulam como "amigos do ambiente". Outros métodos foram também estudados para que se possam estabelecer comparações, observando os erros do passado e para que assim se possa melhorar a aplicação no presente destes sistemas.

Podemos assim acrescentar informações importantes sobre a redução de consumo de energia e sua produção, estudando as origens e evolução do problema até aos nossos dias.

Organização da dissertação

Seguimos uma estrutura de investigação tradicional e organizamos o trabalho em quatro capítulos.

No primeiro capítulo, introdução do tema, abordamos vários pontos sociais e ambientais que se relacionam directamente com a arquitectura. Achou-se necessário explicar os problemas ambientais, sua relação com a energia e de como se vai reflectir na arquitectura. Reflectiu-se ainda sobre o ponto de ligação entre o objecto de estudo e os princípios que se encontram sobre a sustentabilidade, procurando por isso definir o que é a arquitectura sustentável. No segundo capítulo iremos analisar como pode um edifício beneficiar da energia passiva que visa a redução dos consumos de energia durante o período de utilização de um edifício sem recorrer ao apoio da tecnologia.

No terceiro capítulo, tendo como objectivo a análise sobre os sistemas de produção de energia foi efectuada uma avaliação, que se pretendeu profunda, sobre cada sistema de produção energética. Começamos por uma caracterização do sistema

de produção de energia, descrevendo algumas características técnicas, seguindo-se uma análise das possibilidades do sistema em causa. Analisou-se também a forma como esse método de produção de energia se encontra implementado em Portugal e seu desenvolvimento tecnológico.

A análise de como estes sistemas influenciam a arquitectura foi feita no quarto capítulo onde são apresentados dois projectos distintos, uma habitação e um complexo que alberga várias funções com habitação, serviços e equipamentos. Os projectos apresentados permitem compreender o trabalho do arquitecto no que se refere á escolha dos sistemas de produção de energia, implementação de métodos de energia passiva e activa, bem como a interligação entre todos eles. Em ambos os casos podemos ver como energia é um elemento importante na nossa sociedade e como está a moldar a forma de se fazer arquitectura.

1 Contextualização do problema energético na arquitectura

1.1 Introdução

Neste capítulo pretende-se efectuar um enquadramento da evolução dos conceitos de redução e produção de energia na arquitectura. A tomada de consciência do problema global foi dada pelas alterações climáticas, tendo a arquitectura responsabilidade no agravamento do problema.

Neste contexto surgiram movimentos arquitectónicos cujo objectivo é preservar o meio ambiente.

Pretendemos também analisar a origem dos movimentos actuais de arquitectura amiga do ambiente enquadrados no fenómeno da globalização.

1.2 A arquitectura e a energia

Cerca de 50% dos recursos materiais retirados da natureza e 50% dos resíduos produzidos em cada país estão relacionados com o sector da construção. Em paralelo, cerca de 40% do consumo de energia na Europa está relacionado com os gastos em edifícios. Por estes motivos, e por existirem soluções que minimizam estes desperdícios, o sector da construção tem evoluído no sentido de adoptar e favorecer medidas que minimizem os seus gastos energéticos e os impactos ambientais no meio ambiente de forma a promover um urbanismo sustentável.[1]

É a esse desperdício energético que a arquitectura sustentável deve a sua origem. Passa pelo equilíbrio ambiental desde o consumo ao desperdício. É importante a reutilização dos materiais numa habitação assim como uma adequada utilização dos mesmos. Pois uma utilização adequada destes reduzimos o desperdício de energia de um edifício, como pelas suas características podemos armazenar energia para uma utilização posterior.

Imagem 1 – Edifício em fase de construção, fase esta responsável por um grande consumo de energia. Imagem disponível na Internet em www.uksounds.com-under_construction_b

[1] **As energias renováveis marcam a diferença.** 2008. Direcção geral de Energia e dos Transportes, Comissão Europeia.

1.3 A evolução do consumo de energia na arquitectura

As primeiras cidades surgiram há cerca de 6000 anos permitindo aos seres humanos defenderem melhor tornando-os em seres sociais. Reunidos começaram a partilhar conhecimentos, utensílios, fundindo as suas semelhanças e diferenças tornando-os "civilizados".[2]

Imagem 2 - Formação de uma cidade em escala equilibrada face à envolvente. Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand.

A única energia de que dispunham era a oferecida pela natureza e a dos seus próprios braços. Retiravam da terra o necessário mantendo o equilíbrio entre os seres humanos e a terra. As cidades foram mudando bem como a natureza da humanidade e o seu destino.

[2] **Arthus-Bertrand, Yann**. Documentário ***Hom****eO Mundo é a Nossa Casa* -. 2008.

A agricultura foi a principal revolução da humanidade domesticando os animais para deles retirar a energia necessária para a produção de produtos que depois nas cidades eram trocados estruturando a sociedade.

Depois de tantos anos de trabalho árduo e de sacrifício, os seres humanos descobriram uma forma de despender da energia armazenada debaixo da terra.

Carvão, gás e o petróleo, foram a grande descoberta da humanidade que libertou o homem do trabalho árduo que vinha a exercer. Com o petróleo, ganharam conforto sem precedentes. Em apenas 50 anos a terra sofreu as maiores transformações que alguma vez tinha sofrido durante milhares de anos.[3]

Imagem 3 - Representação do consumo de energia nocturno da cidade de Los Angeles. Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand.

Em 60 anos a população mundial quase que triplicou e mais de 2 000 milhões de pessoas foram viver para as cidades.

Pequim, na China, com as suas centenas arranha-céus e milhões de habitantes era apenas uma pequena aldeia piscatória a uns meros 40 anos.

[3] **Arthus-Bertrand, Yann**. Documentário ***Home****O Mundo é a Nossa Casa* -. 2008.

Em Xangai construíram-se 3000 torres em 20 anos e estão mais algumas centenas em construção.

Actualmente mais de metade dos 7 000 milhões de habitantes do mundo vivem nas cidades.

Nova Iorque, a primeira metrópole do mundo é o símbolo da exploração de energia que a terra oferece á genialidade humana. A América foi a primeira a perceber e explorar o ouro negro. As máquinas substituíram o homem no seu trabalho manual. Quanto mais depressa a sociedade se desenvolve mais energia ela necessita.[4]

Imagem 4 - Representação da evolução de cidade do Dubai, com consequente aumento do consumo de energia. Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand.

O Dubai é um dos maiores centros de construção do mundo. Um país onde o impossível se torna possível, como construir ilhas artificiais no mar, por exemplo.

O Dubai tem poucos recursos naturais mas com o dinheiro proveniente do petróleo pode importar matérias-primas e mão-de-obra de todo o mundo. Pode

[4] **Arthus-Bertrand, Yann**. Documentário ***Hom****eO Mundo é a Nossa Casa* -. 2008.

construir florestas de arranha-céus cada uma mais alta que a anterior ou mesmo uma estancia de esqui no meio do deserto.

Imagem 5 – Representação de arranha-cèus no Dubai. Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand.

O Dubai não tem terra arável mas pode importar comida. Não tem água mas pode despender uma quantidade enorme de energia para dessalinizar a água salgado. Tem uma quantidade infindável de luz solar mas não tem painéis solares.

Uma representação do modelo ocidental de cidade que não para de impressionar o mundo.

Nada parece mais distante da natureza do que o Dubai, apesar de nada estar mais dependente da natureza que o Dubai.[5]

[5] **Arthus-Bertrand, Yann**. Documentário ***Home****O Mundo é a Nossa Casa* -. 2008.

1.4 Consequências do consumo de energia na arquitectura

1.4.1 O aquecimento global e a sua origem

O aquecimento global é observado pelas variações da temperatura na atmosfera e nos oceanos, variações estas suficientes para causar uma alteração climática.[6]

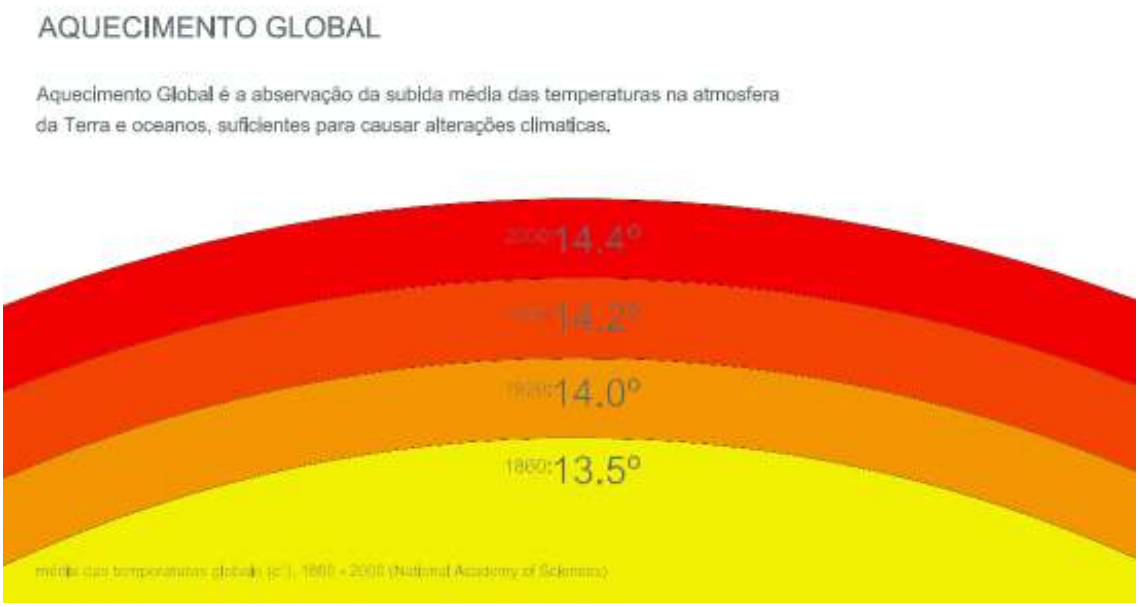


Imagem 6 – Representação gráfica do Aquecimento Global. Imagem adaptada do sítio da Internet <http://designcanchange.org/>.

O aquecimento global é provocado em grande parte pela emissão de gases como o dióxido de carbono (CO_2). As emissões em massa deste gás são resultantes essencialmente da queima de combustíveis fósseis, quer nas centrais termoeléctricas para produção de energia, quer nos meios de transporte, assim como da destruição de florestas e degradação de matéria orgânica, tornando-se uma carga para o ciclo do carbono. Como consequência o CO2 acumula-se na atmosfera, contribuindo para a retenção da radiação solar na Terra e consequentemente o seu aquecimento global.

[6] **Gonçalves C. M. S.**, O aumento do CO2 e as alterações climática, Universidade da Beira Interior, Portugal

A radiação solar passa pela atmosfera da terra e aquece a superfície terrestre. Alguma dessa radiação é reflectida de volta para o espaço, outra radiação é absorvida e reflectida em várias direcções pelos gases de efeito estufa, que aquecem a superfície da terra e a atmosfera.[7]

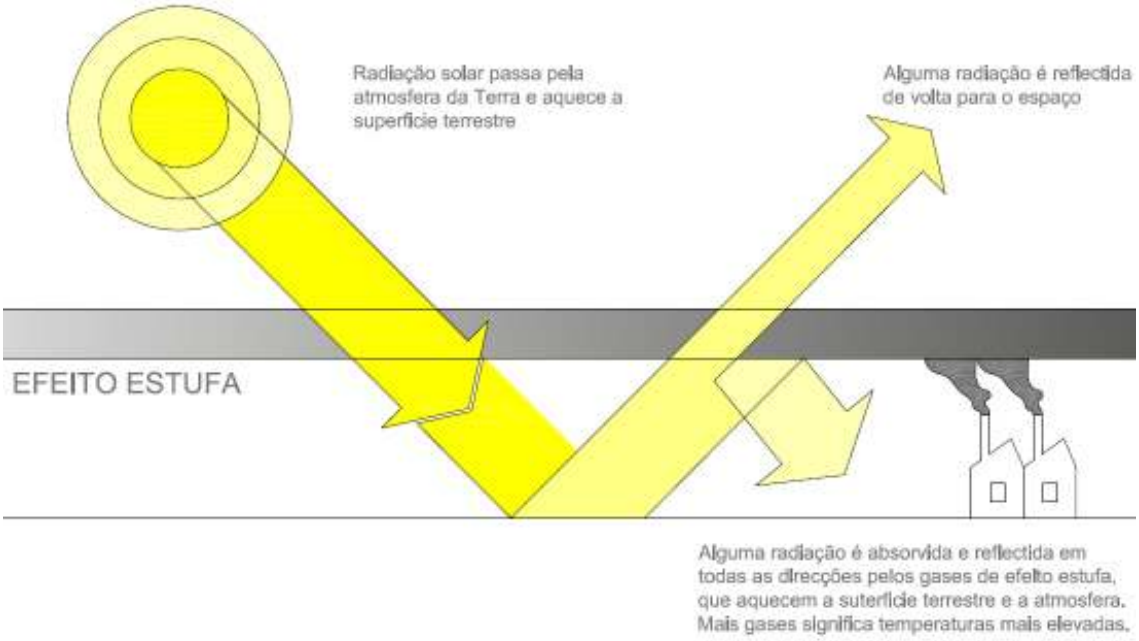


Imagem 7 – Representação gráfica da formação do Efeito de Estufa. Imagem adaptada do sítio da Internet <http://designcanchange.org/>.

Quanto maior a emissão de gases maior será a temperatura.[8]

O metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os clorofluorcarbonetos (CFC´s) são outros dos gases responsáveis pelo efeito de estufa (GHG).

O CO_2 subiu desde 1980 até 2003 de 340 unidades por milhão para 370 unidade/milhão. O CH_4 subiu desde 1984 até 2003, de 1620 unidade/bilião para 1750 unidade/bilião. O N_2O de 1980 até 2003 subiu de 300 para 317 uni/bilião. O CFC–11 é o único valor que nos últimos tempos tem vindo a decrescer após uma subida de 1980 até 1992 de 150 para 250 unidade/milhão e obteve um decréscimo mínimo entre 1992 a

[7] **Gonçalves C. M. S.**, O aumento do CO_2 e as alterações climática, Universidade da Beira Interior, Portugal

[8] Design Can Change. http:/designecanchange.org/

2003 de aproximadamente 40 unidade/milhão. O CFC–12 manteve um crescimento de 1980 até 1992 de 300 para 500 unidade/milhão. De 1992 até 2003 a subida foi apenas de 500 para 530 unidade/milhão.[9]

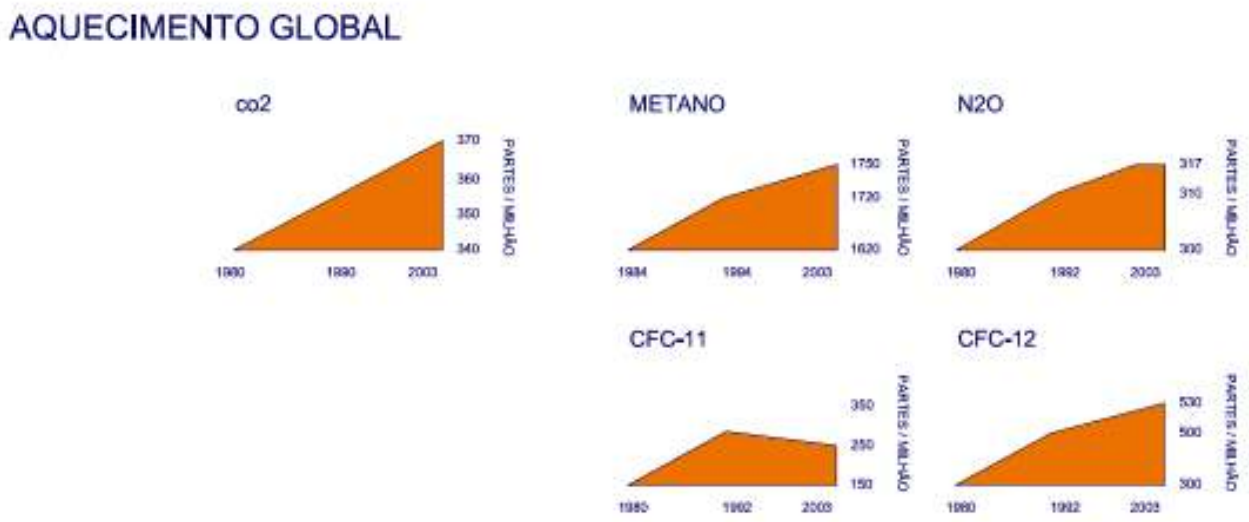


Imagem 8 – Representação gráfica da libertação dos gases responsáveis pelo efeito de estufa entre o ano de 1980 e 2003. Imagem adaptada do sítio da Internet <http://designcanchange.org/>.

Como consequência, em 1860 a temperatura média na Terra era de 13.5ºC, tendo sofrido um aumento de 0,9ºC para 14,4ºC em 2000. (média de temperatura global (ºC))[10]

[9] **Gonçalves C. M. S.**, O aumento do CO_2 e as alterações climática, Universidade da Beira Interior, Portugal

[10] Design Can Change. http:/designecanchange.org/

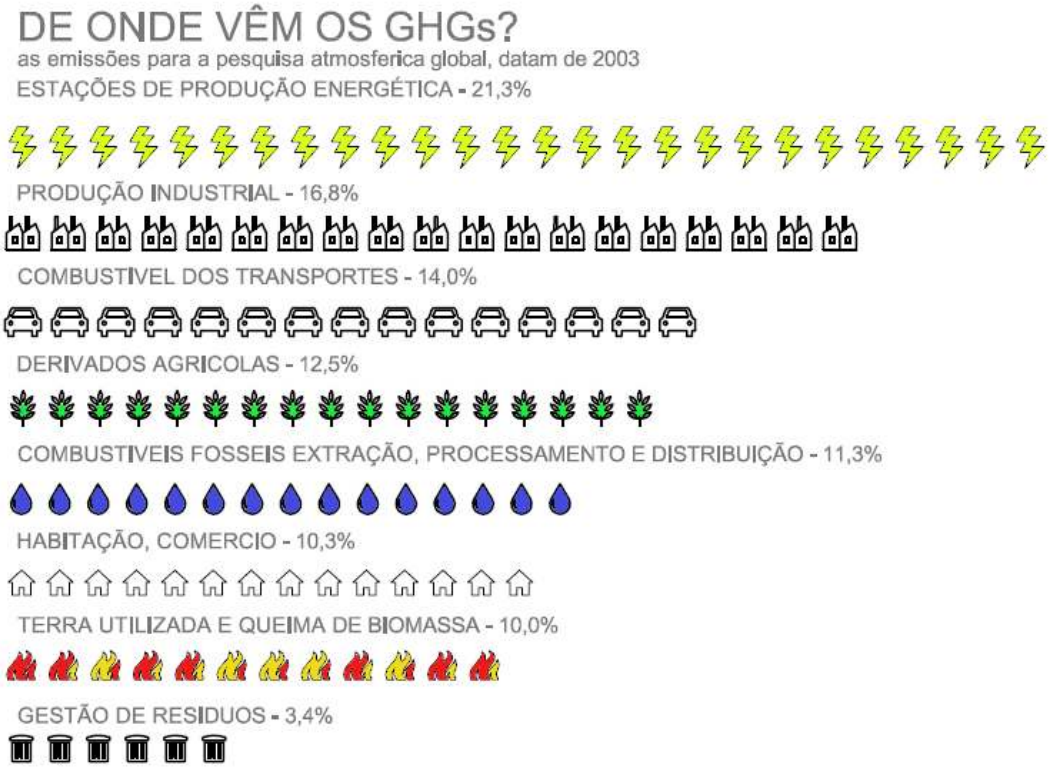


Imagem 9 – Representação gráfica da proveniência dos gases responsáveis pelo efeito de estufa. Imagem adaptada do sítio da Internet <http://designcanchange.org/>.

Os GHG provêm: 21,3% de centrais eléctricas, 16,8% de processos industriais, 14,0% de veículos movidos a combustível, 12,5% do subproduto derivado da agricultura, 11,3% da extracção de crude, processo e distribuição, 10,3% das residências, comércio e outras fontes, 10,0% da terra utilizada e queima de biomassa e 3,4% da gestão de resíduos.[11]

A consequência deste aquecimento global tem sido o degelo das zonas glaciares e consequente subida do nível do mar afectando severamente as zonas costeiras densamente populadas. Altera também os ecossistemas, forçando algumas espécies a abandonar os seus habitats e resultando possivelmente na sua extinção.[12]

[11] Carbon Dioxide and Climate Change. National Academy of Science. http://nasonline.org/site/Pageserver?pagename=SACKLER_climate_change_program.

[12] **Gonçalves C. M. S.**, O aumento do CO_2 e as alterações climática, Universidade da Beira Interior, Portugal

As alterações climáticas têm-se vindo a manifestar pelo aumento da regularidade e intensidade de catástrofes naturais, como chuvas torrenciais e inundações, furacões e tornados.

Uma consequência grave em termos de saúde pública é o alargamento do raio de abrangência de doenças como a malária aumentando o risco de infecção. [3]

Desde que se tomou consciência destes problemas ambientais têm sido feitos esforços para diminuir a emissão de GHG nomeadamente pelo protocolo de Quioto e o aparecimento de diversas entidades de protecção do ambiente.[13]

[13] **Gonçalves C. M. S.**, O aumento do CO_2 e as alterações climática, Universidade da Beira Interior, Portugal

1.4.2 O alerta das nações unidas para o aumento da população

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial será de 8,5 milhares de milhão de habitantes em 2025 e atingirá os 10,2 milhares de milhão em 2100 sendo que os maiores aumentos de população serão nos países subdesenvolvidos. A par desta evolução demográfica, está também uma forte urbanização, bastião do desenvolvimento económico e social. Estes factores exercem uma enorme pressão no meio ambiente visto esgotarem os recursos e aumentarem os resíduos provocando a sobrecarga do biociclo natural e levando inevitavelmente à poluição. Este é um dos problemas com que a humanidade se tem vindo a debater nas últimas décadas sendo hoje muito mais relevante que há cerca de 10,000 anos em que a população não ultrapassava os 5 a 10 milhões de habitantes.[14]

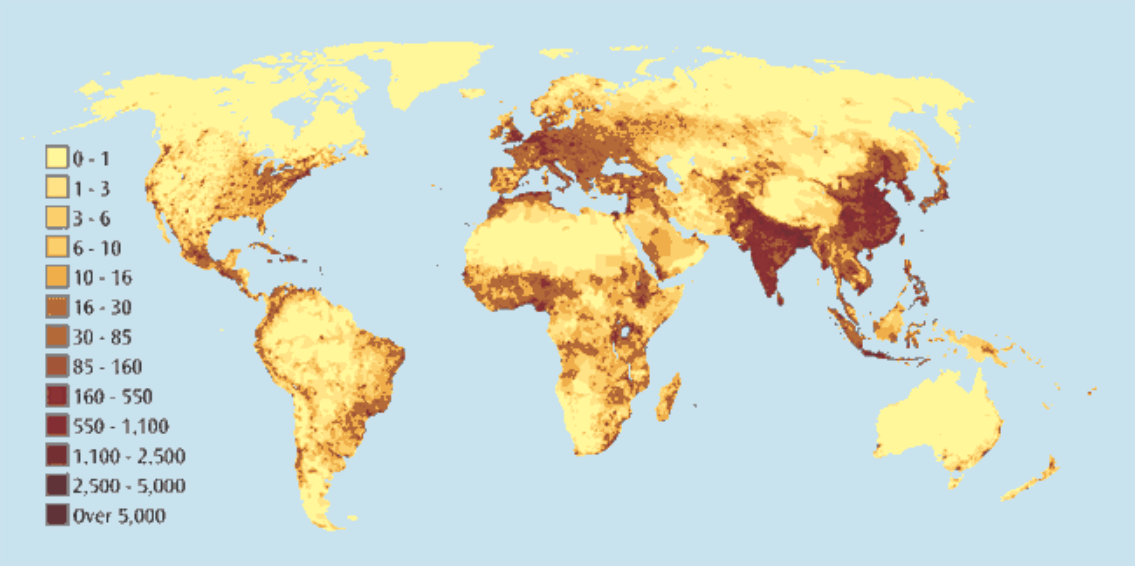


Imagem 10 – Densidade Populacional do mundo no ano 2000. Disponível na internet em <http://www.theglobaleducationproject.org/earth/images/final-images/g-gpw-population-map.gif>.

[14] **ONU.** Gateway to the UN System's Work on Climate Change. [Online] http://www.un.org/wcm/content/site/climatechange/gateway.

1.5 Definições e conceitos de arquitectura amiga do ambiente

A arquitectura sustentável também conhecida por "arquitectura amiga do ambiente", "arquitectura verde", "energeticamente eficiente" ou "bioclimática" tem-se apresentado como um tema controverso.

Segundo o Arqt.º Fausto Simões "Não há nenhuma definição internacional acordada para a "arquitectura verde". (...) A utilização racional da energia nos edifícios implica a maximização do "input" de energia renovável, a minimização do "input" de combustíveis fósseis, bem como a conservação da energia em geral. Os materiais são considerados tendo em mente a energia neles incorporada, a toxicidade associada à sua utilização e a utilização optimizada de recursos renováveis. Contudo, há ainda muito que investigar sobre os aspectos ambientais dos materiais de construção (...)."[5]

Toda a arquitectura é, ou deveria ser, sustentável. Uma das condicionantes da arquitectura passa pelo conforto que esta deve proporcionar ao homem. A orientação solar define o espaço interior. Numa relação básica os quartos devem orientar-se a nascente a sala a poente acompanhando o ciclo diário do homem. Logo justificar determinado edifício como sustentável tendo em conta estes princípios básicos pode ser um erro.

Imagem 11– Pavilhão da Holanda na Expo 2000 em Hannover (Alemanha) projectado pelo gabinete de arquitectos MVRDV. Imagem disponível na Internet em <http://www.mvrdv.nl>.

[5] **Group, Energy Research** A Green Vitruvius – Princípios e Práticas de Projecto para uma Arquitectura Sustentável.

Na área da construção, o fascínio pela técnica e a inconsciência da esgotabilidade dos recursos conduziram a que as boas práticas ancestrais fossem sendo esquecidas, talvez por se pensar que a tecnologia poderia resolver todos os problemas. Entrou-se então numa época em que grande parte dos princípios básicos de construção foram sendo substituídos por interesses económicos ou estéticos e onde foi necessário, para suplantar o desconforto causado, introduzir soluções tecnológicas tais como sistemas de iluminação e climatização artificiais.[15]

Isto levou a que os consumos energéticos dos edifícios, sobretudo em energia eléctrica subissem em flecha, consumos totalmente desnecessários que poderiam ser diminuídos ou mesmo eliminados.

A sustentabilidade na construção passa por três medidas essenciais: em primeiro lugar, a melhoria dos projectos em termos de eficiência energética, diminuindo as suas necessidades em iluminação, ventilação e climatização artificiais, em segundo lugar, a substituição do consumo de energia convencional por energia renovável, não poluente e gratuita e finalmente, em terceiro lugar, a utilização de materiais locais, preferencialmente materiais de fontes renováveis ou com possibilidade de reutilização e que minimizem o impacto ambiental (extracção, gastos de energia, consumo de água na sua extracção, aspectos de saúde, emissões poluentes, etc.). É também de notar, que a construção sustentável pode ainda adoptar outras medidas como sistemas de tratamento de resíduos orgânicos e sistemas de reaproveitamento de água.

[15] **Nogueira, T.; Pinho, P.** (1996), Desenvolvimento Ambientalmente Sustentável, Perspectivas Teóricas sobre a Contribuição do Planeamento Territorial e da Avaliação Ambiental, Universidade de Aveiro, Aveiro

Imagem 12 – Arquitectura energeticamente eficiente. Imagem disponível na Internet em <http://www.rolfdisch.de>.

As cidades como um aglomerado de edifícios vêm um problema individual transformar-se num problema colectivo.

As novas cidades crescem a um ritmo alarmante chamando a atenção de que com o seu crescimento abrupto e consumista, os recursos energéticos vão-se esgotar.[5]

[5] **Nogueira, T.; Pinho, P.** (1996), Desenvolvimento Ambientalmente Sustentável, Perspectivas Teóricas sobre a Contribuição do Planeamento Territorial e da Avaliação Ambiental, Universidade de Aveiro, Aveiro

1.6 Conclusão do capítulo

O objectivo neste capítulo era proceder ao enquadramento do tema no contexto global.

Foram apresentados os problemas ambientais e a sua proveniência. O desperdício de energia e as principais características da sustentabilidade na arquitectura.

As preocupações com o meio ambiente são mundiais, provocadas pelos seres humanos pelas más práticas adoptadas em várias áreas da sociedade. O desenvolvimento urbano a que estamos a assistir, juntamente com os recursos energéticos utilizados, são a principal causa para o aquecimento global.

A energia utilizada alimenta a produção de CO_2 desde a sua extracção, distribuição e consumo. Ao analisar estes pontos, deparamo-nos com uma estreita relação com a arquitectura.

Devem ser também contabilizados os consumos de energia de uma habitação não apenas na sua utilização, mas também desde o projecto á sua construção.

Perante este problema surgiram movimentos ambientalistas a que a arquitectura deu o seu contributo criando um conceito de arquitectura sustentável. Controversa esta designação de "arquitectura sustentável" devido a muitos dos elementos existentes são condicionantes de qualquer projecto de arquitectura. Deparando-se com vários elementos desde a utilização de materiais reciclados, reaproveitamento das águas da chuva, entre outros, o ponto que nos era mais relevante era a energia.

2 A energia passiva

2.1 Introdução

Um edifício é por excelência um consumidor de energia, no pleno desempenho das suas funções, e se não consome energia não desempenha cabalmente as suas funções.

Uma boa gestão de energia consiste na total satisfação dos objectivos do edifício, com o mínimo consumo possível de energia auxiliar.

Um edifício para beneficiar da energia passiva o edifício deve obedecer a uma concepção arquitectónica específica, que visa a redução dos consumos de energia durante o seu período de vida útil.

Apoiado no trabalho desenvolvido pelo Arquitecto Francisco Moita iremos analisar os conceitos para rentabilizar a energia passiva num edifício.

2.2 A energia no edifício

Um edifício é por natureza um consumidor de energia, no pleno desempenho das suas funções, e se não consome energia não cumpre as suas funções.

Uma boa gestão de energia consiste na total satisfação dos objectivos do edifício, com o mínimo consumo possível de energia auxiliar.

A arquitectura energeticamente eficiente visa a máxima satisfação dos objectivos do edifício, com o consumo mínimo de energia.

Para ser energeticamente eficiente, o edifício tem de obedecer a determinadas características arquitectónicas, no sentido de se reduzir os factores que determinam os consumos de energia em excesso, durante o seu período de vida útil.

Os consumos de energia dividem-se em determinadas áreas de uma habitação.

Os equipamentos (electrodomésticos) são responsáveis por uma grande parte do consumo de energia, por isso é necessária uma selecção dos equipamentos eléctricos com melhor eficiência energética.

Um elevado consumo de energia na iluminação é o resultado da má organização espacial na arquitectura. A iluminação natural para alem de ser mais eficiente e melhorar a qualidade do espaço melhora o consumo de energia provocado pela iluminação artificial. Também a selecção de lâmpadas adequadas e dispositivos automáticos de iluminação é um imperativo de qualquer projecto consciente.

A manutenção do conforto ambiente é sempre possível como recomendável o recurso aos sistemas passivos. O aquecimento, arrefecimento e qualidade do ar (renovação do ar) podem ser obtidos sem o recurso ao consumo de energia. Os materiais utilizados na construção e orientação da habitação são os principais elementos a reter. [16]

[16] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

2.3 A arquitectura e o clima

Os factores determinantes para a arquitectura vão ao encontro do metabolismo humano e consequentemente para a sensação de conforto, consoante a localização geográfica do edifício, a época do ano, ou ainda o tipo de clima. Os factores que determinam o clima como o Sol, o Vento, a Humidade e a Temperatura são os constituintes das vantagens e desvantagens que originam a qualidade e conforto interior.[17]

2.4 Conforto termo-higrométrico

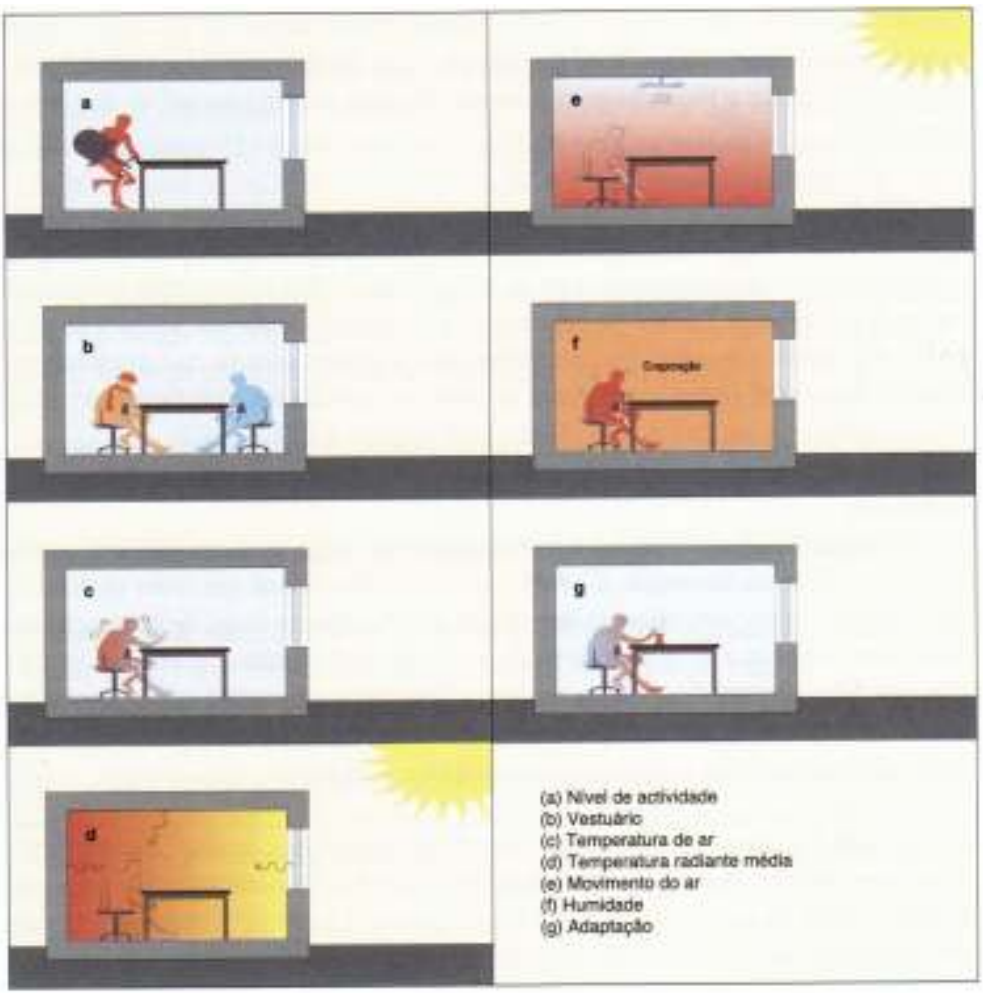


Imagem 13 - Representação gráfica do conforto termo-higrométrico. Imagem retirada do livro Green Vitruvius – Princípios e Práticas de Projecto para uma Arquitectura Sustentável, publicado pela Ordem dos Arquitectos em 2001, pág. 27.

[17] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

O *conforto termo-higrométrico* é a sensação subjectiva que depende de vários factores e que aproximam o ambiente natural interior do edifício o mais possível dos parâmetros desejáveis de conforto, o que leva a não ser necessário o consumo de energia auxiliar para atingir os objectivos.

2.5 Física da construção

A existência de dois corpos com temperaturas diferentes vai-se dar uma transferência de calor entre os corpos até atingirem uma igualdade na temperatura. Esta transferência de calor pode ser efectuada de vários modos: condução; convecção; radiação; evaporação.

2.6 Aplicação da tecnologia solar passiva

"Definição: Um sistema passivo de captação de energia solar é aquele em que a energia é captada e transmitida naturalmente por convecção, condução e radiação, sem recurso a meios artificiais mecânicos.

O edifício aparece então como um "colector e gestor" da energia solar, transmitindo a energia térmica de forma natural e automática às suas diferentes funções, tanto quanto possível, segundo as suas necessidades.

Um sistema passivo de captação de energia solar não será contudo eficaz se não se verificarem, a nível do projecto, certos pressupostos de optimização." [18]

[18] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

2.7 Pressupostos externos ao edifício

2.7.1 Localização

A escolha do local para a implantação de um edifício pode conduzir a que o edifício tenha de recorrer a sistemas auxiliares para garantir um conforto térmico estável. Por isso não são recomendadas zonas expostas e desprotegidas (zonas húmidas com fraca exposição solar, como exemplo).[19]

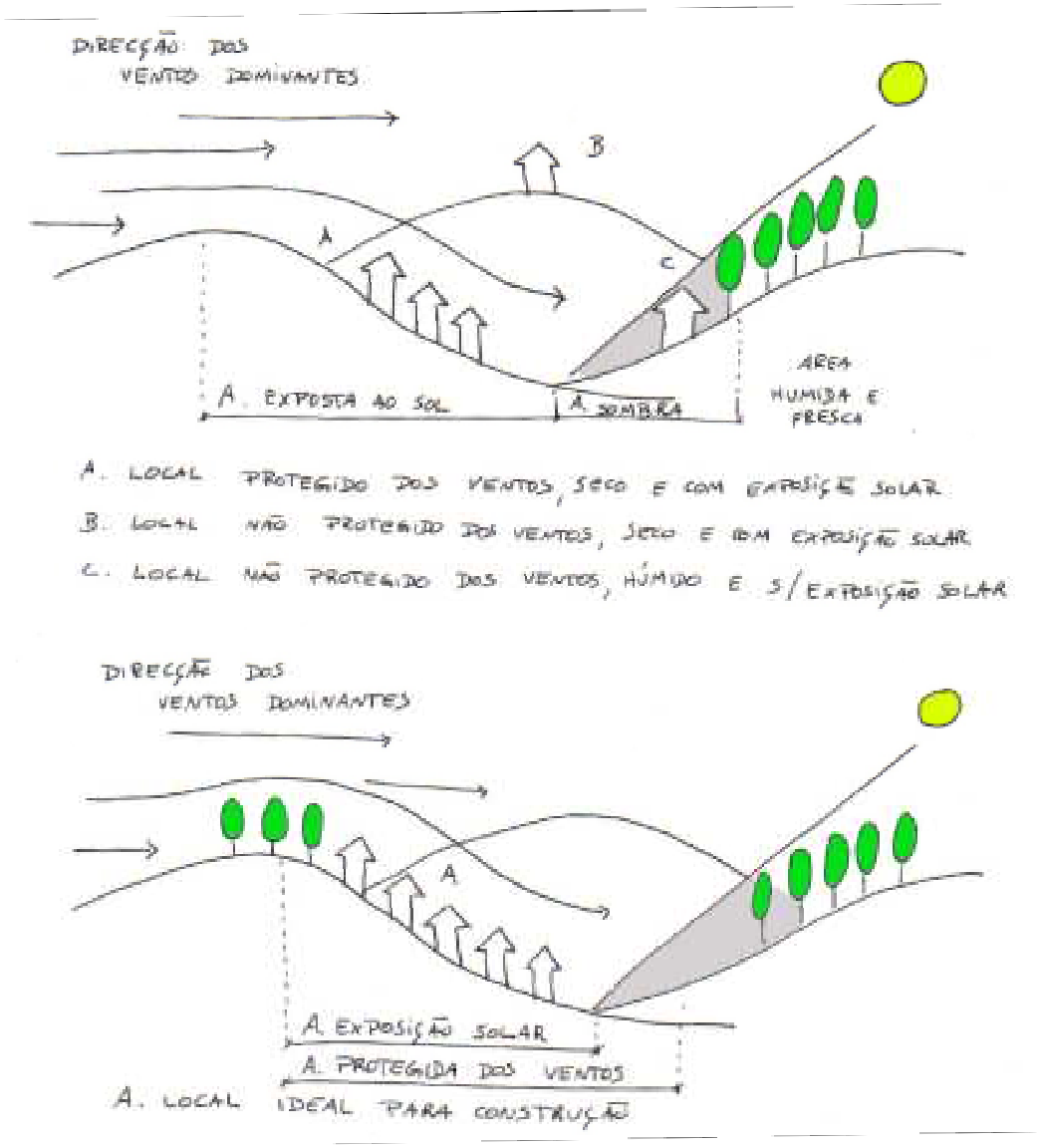


Imagem 14 – Critérios de escolha para implantação de um edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita.

[1919] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

2.7.2 Orientação

Um edifício mal orientado, não é só mais frio no inverno como também é mais quente no verão. A orientação solar do edifício deve permitir que o edifício seja mais fresco no verão e mais quente no inverno. A este principio que deve ser implementado ainda em fase de projecto deve ser precedido de uma correcta orientação de desenho urbano.[20]

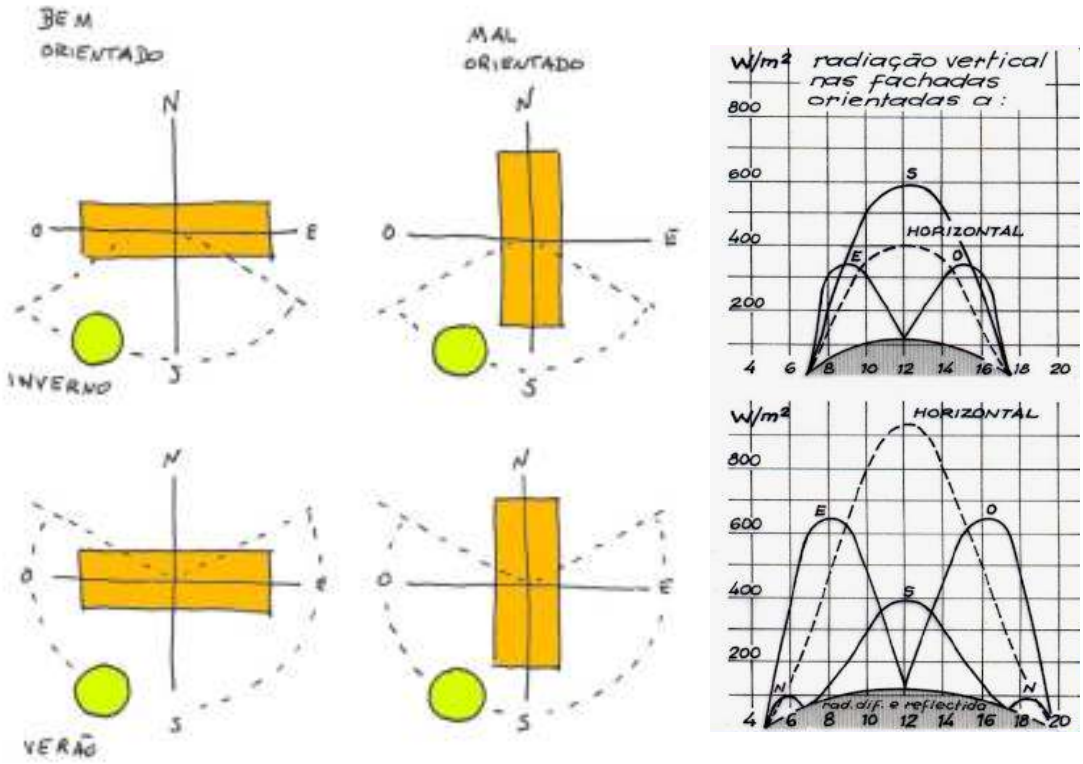


Imagem 15 - Critérios de escolha para a orientação de um edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita.

[20] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

2.7.3 Forma e afastamento

No que se refere às perdas térmicas relativamente á sua forma o igloo é o mais eficiente pois é a forma mas optimizada, diminuindo relativamente, com o aumento do seu volume.

Mantendo a mesma altura e o mesmo coeficiente de ocupação também é possível melhorar os balanços térmicos dos edifícios, aumentando o seu volume.[21]

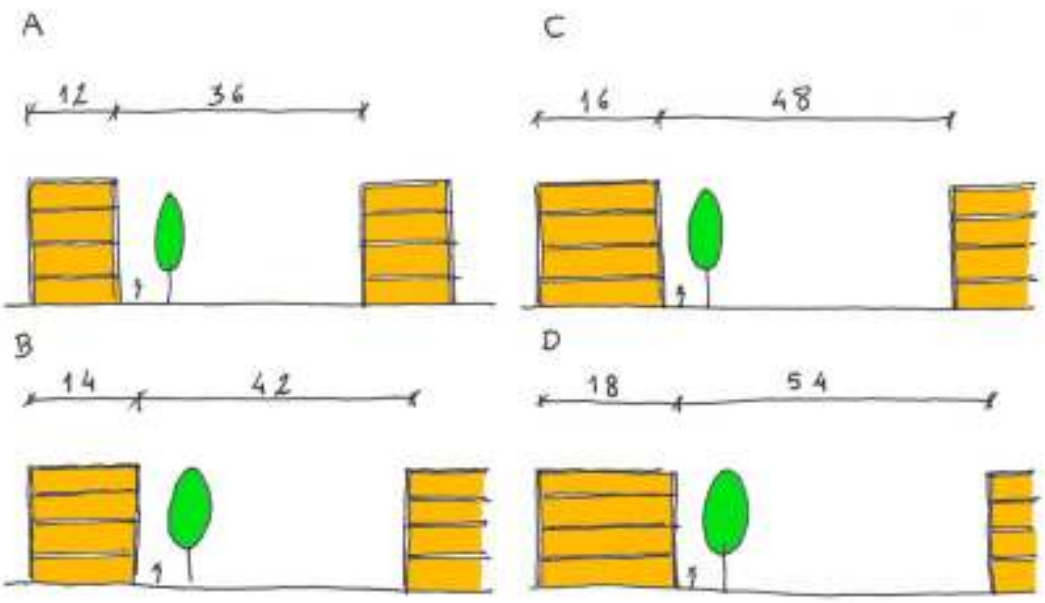


Imagem 16 – Esquema representativo da forma como deve ser aumentado o afastamento consoante o aumento do volume do edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita.

[21] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

2.7.4 Vegetação

A vegetação é um elemento fundamental da arquitectura bioclimática, pela sua capacidade de amenizar condições climáticas extremas e pela capacidade de criar microclimas próximos das necessidades do homem. A implementação da vegetação na fachada é o suficiente para controlar o ambiente externo e interno.[22]

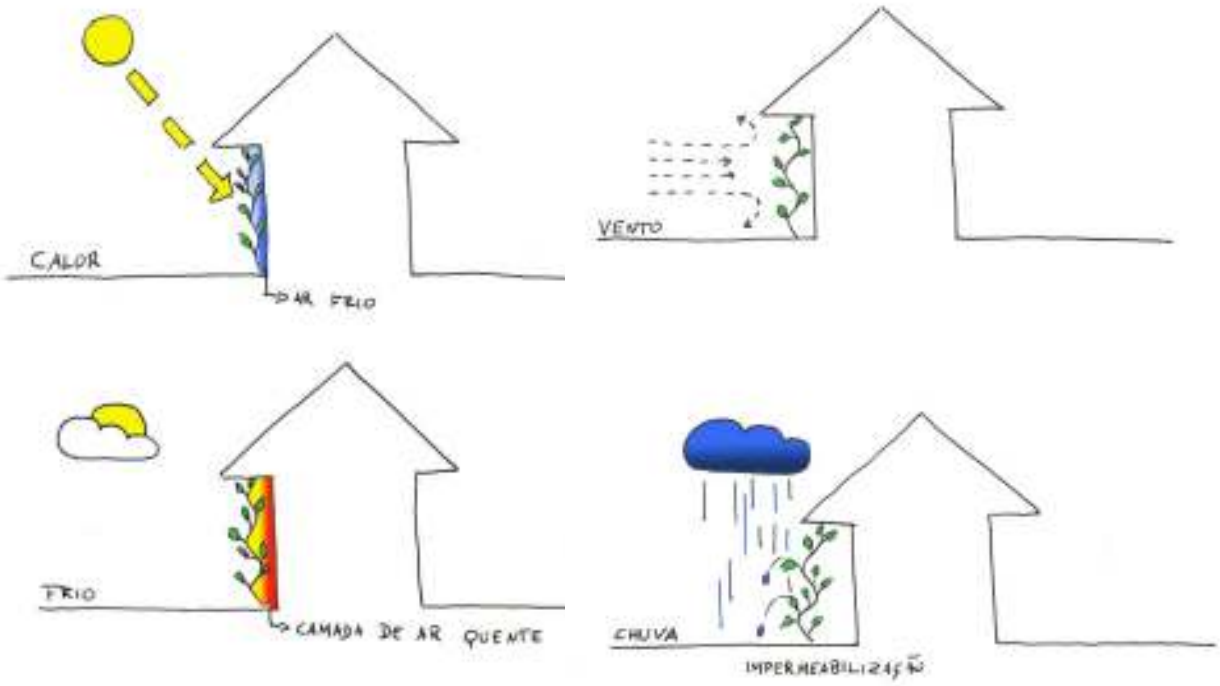


Imagem 17 – Esquema da utilização da vegetação para o controlo da temperatura num edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita.

[22] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

2.8 Pressupostos constituintes do edifício

Para que se possa tirar proveito da energia solar passiva os pressupostos formais e materiais do edifício devem ir em conta às diversas imposições do clima. Por isso, são parte integrante da concepção do projecto, que por sua vez requer por parte do projectista a consciência da importância desta matéria quando desenvolve a sua actividade.[23]

2.8.1 Envolvente

O *tratamento da envolvente* (estrutura, pavimento, paredes e coberturas) devem estar devidamente isolados termicamente para reduzir percas e ou ganhos térmicos reduzindo o consumo de energia.

O material *isolante* deve ser aplicado sempre que possível pelo exterior para se conseguir menores amplitudes térmicas na parede e assegurar também maior quantidade de massa térmica no interior.

[23] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

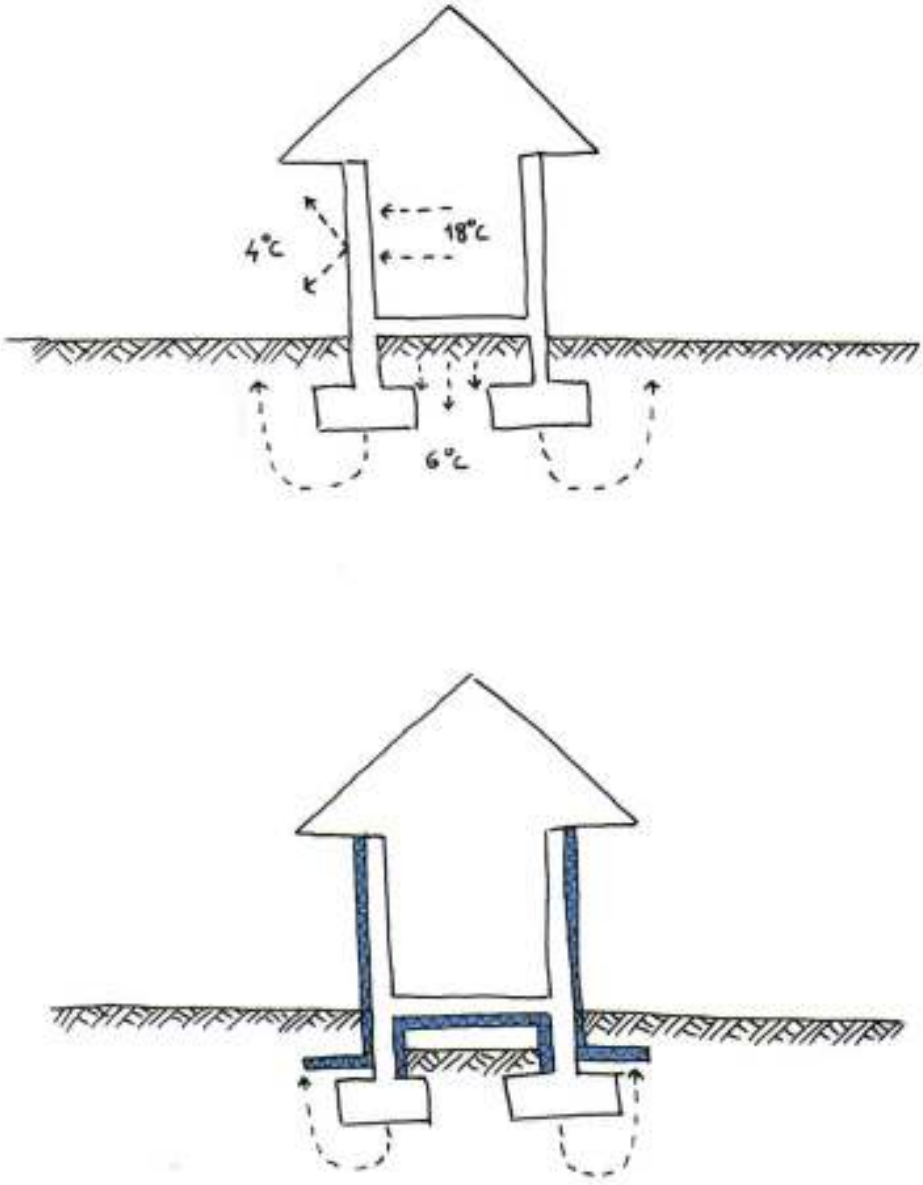


Imagem 18 - Esquema do forma como o isolamento deve ser aplicado pelo interior. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita.

2.8.2 Fenestração

Neste ponto podem existir perdas de energia até cerca de 35% das necessidades térmicas.

Diversificar os vãos da fachada a Norte, Sul, Este e Oeste consoante as necessidades de iluminação, ventilação e aquecimento. Durante o inverno há que ter

mais ganhos solares do que perdas, enquanto que no verão serão necessários menores ganhos a nível solar e mais na ventilação para o arrefecimento passivo.[24]

2.8.3 Sombreamento

O *sombreamento* do edifício torna-se particularmente necessário durante o tempo quente controlando a intensidade da radiação solar assim como a luminosidade excessiva conseguindo assim ter um papel de isolante térmico.

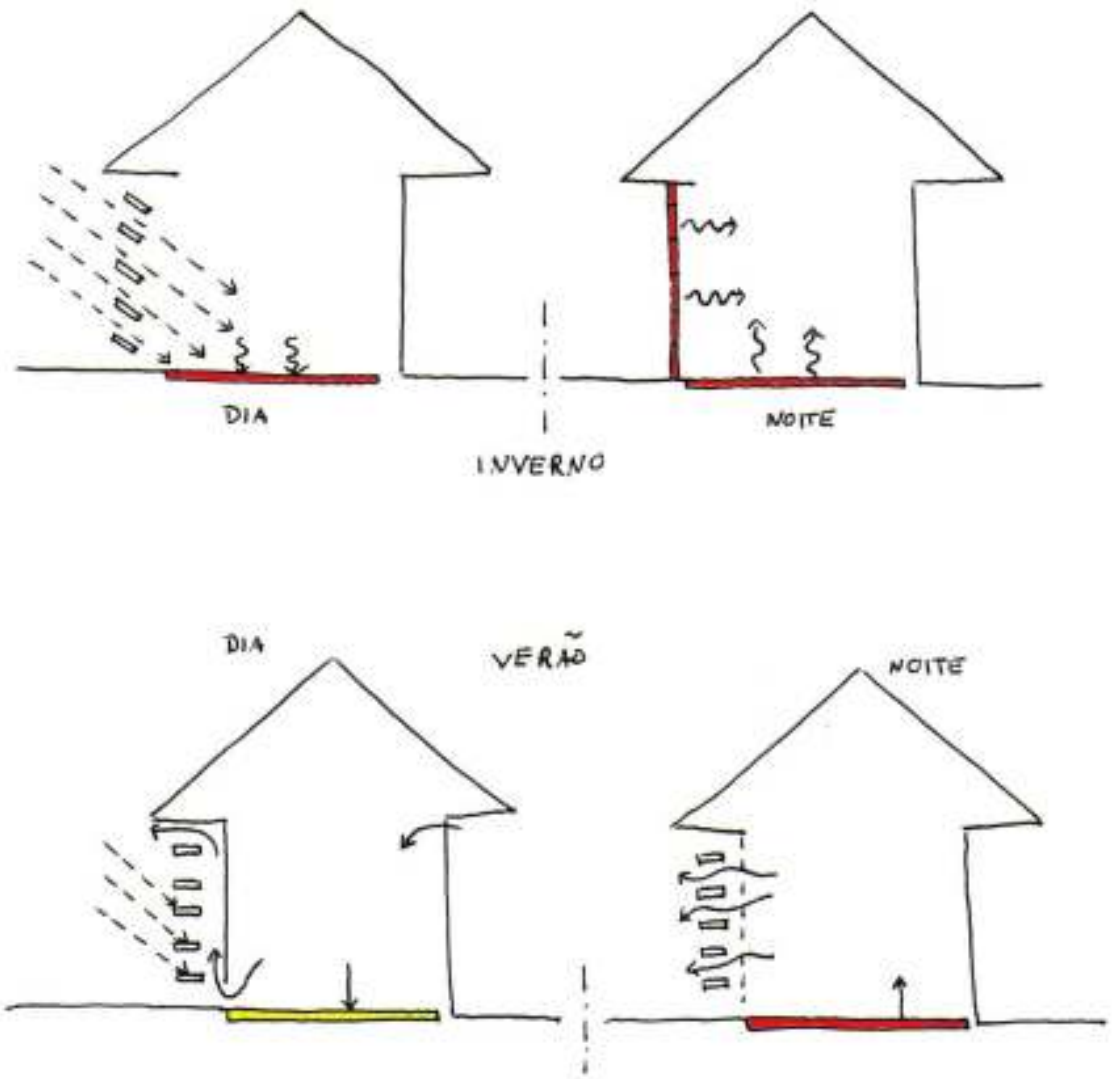


Imagem 19 - Esquema da utilização do sombreamento para o controlo da temperatura num edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita.

[24] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

2.8.4 Ventilação

Ventilação como elemento de renovação de ar e arrefecimento térmico é essencial á manutenção de temperaturas adequadas na estação quente, assim como ao mantimento da qualidade do ar interior e salubridade dos edifícios.

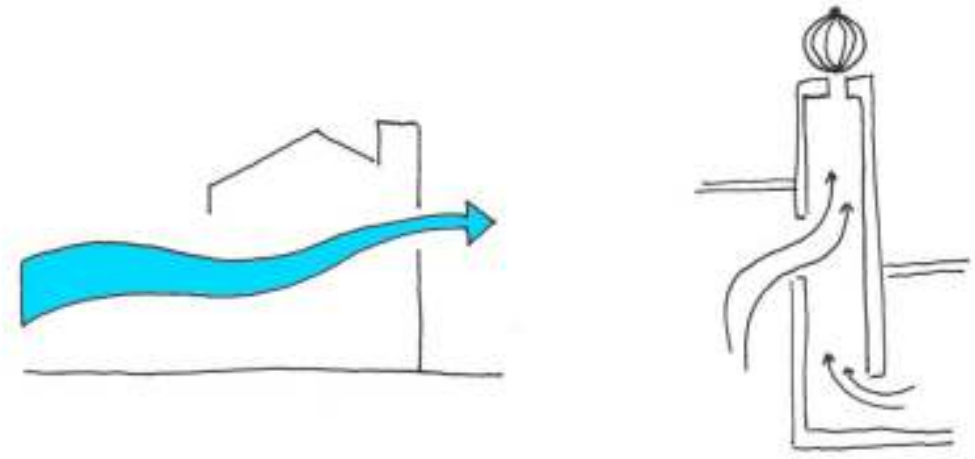


Imagem 20 - Esquema da utilização de métodos de ventilação natural para o controlo da temperatura num edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita.

2.8.5 Zonamento térmico

O zonamento térmico organiza o edifício segundo uma hierarquia térmica com espaços secundários orientados a Norte protegendo os espaços principais de maior necessidade térmica, que devem ficar orientados a Sul e expostos á radiação solar directa na estação fria.[25]

[25] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

2.9 Tecnologias solares passivas

2.9.1 Ganho directo

Um sistema de *Ganho directo*, como o próprio nome indica, baseia-se na captação da radiação solar para o interior do edifício através de vãos envidraçados.

Para que este sistema tenho um desempenho correcto é necessário uma correcta aplicação do isolamento térmico, massa de ar térmica, sombreamento e orientação a Sul.

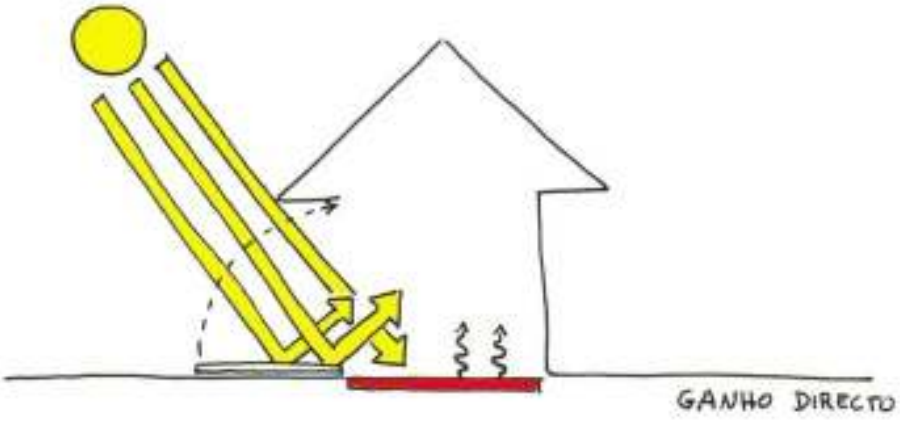


Imagem 21- Esquema do sistema de ganho directo para o controlo da temperatura num edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita.

2.9.2 Ganho indirecto

Enquanto que num sistema de *Ganho indirecto*, que consiste na captação de energia solar por meio de um elemento colector (parede) constituído para o efeito com materiais pesados (tijolo, betão,...) situado entre o espaço que se pretende aquecer e o vidro.

Estes elementos devem também verificar-se alguns pressupostos para que os sistemas de ganhos indirectos sejam igualmente eficazes como isolamento térmico, a utilização de cores escuras, sombreamento e orientação a Sul.

A estas paredes dão-se o nome de parede de Trombe que vai tendo uma temperatura interior diferente a cada hora do dia.[26]

[26] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

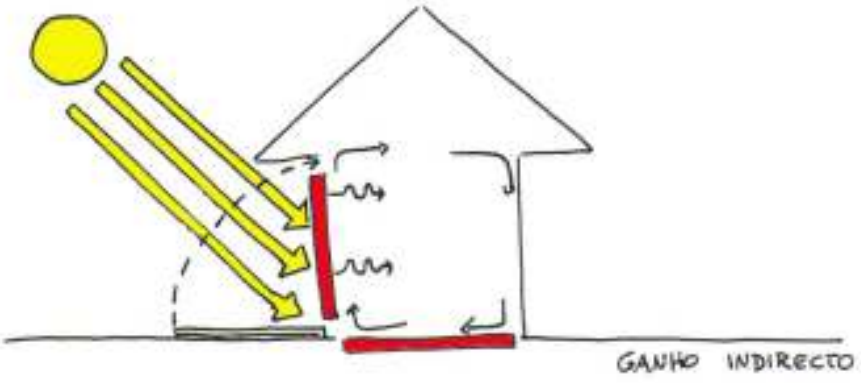


Imagem 22- Esquema do sistema de ganho indirecto para o controlo da temperatura num edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita.

2.9.3 Estufas

As estufas cujos princípios térmicos são uma combinação de ganho directo e indirecto, é composto por uma superfície transparente ou translúcida e de uma massa acumuladora térmica, geralmente constituída pelo pavimento e parede contigua ao compartimento que se pretende aquecer.

Para que as estufas consigam atingir uma estabilidade pretendida durante todo o ano devem garantir a existência de isolamento térmico, desactivação sazonal, massa térmica, sombreadores e a orientação a Sul.

O arrefecimento passivo é processado por uma ventilação transversal, arrefecendo a massa térmica e reduzindo a temperatura radiante.

Para verificar os pressupostos deste método devem ser garantidas uma variação térmica do ar durante o dia e noite ≥8-10ºC. Isolamento térmico, massa térmica, sombreamento e dispositivos de ventilação. [27]

[27] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

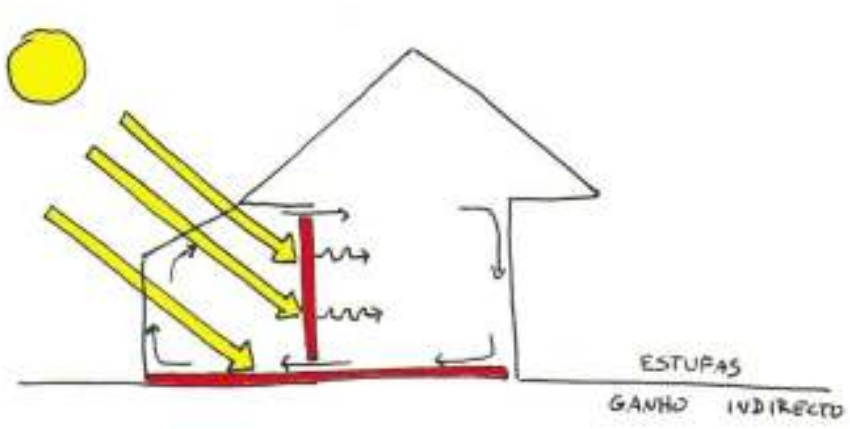


Imagem 23- Esquema do sistema de estufa para o controlo da temperatura num edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita.

2.9.4 Condutas de ventilação

O arrefecimento passivo processa-se fundamentalmente por ventilação transversal nocturna (arrefecimento da massa térmica e redução da temperatura radiante).[28]

Devem verificar-se os seguintes pressupostos para que estes sistemas tenham um correcto e eficaz desempenho:

- Variação da temperatura do ar - noite ≥ 8 – 10ºC
- Isolamento térmico;
- Massa térmica;
- Sombreamento;
- Dispositivos de ventilação (bandeiras, tubos, chaminés, etc.)

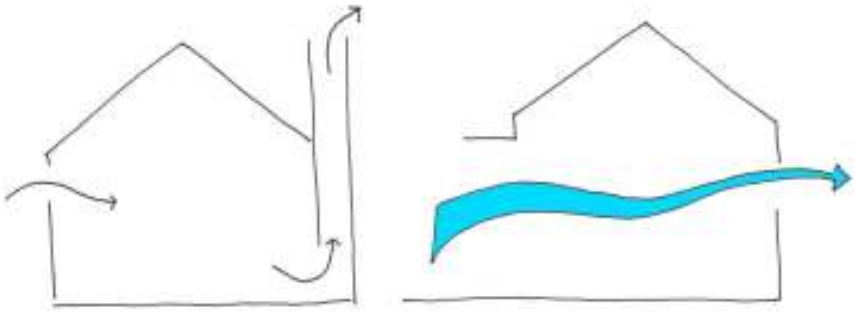


Imagem 24- Esquema do sistema de condutas de ventilação para o controlo da temperatura num edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita.

[28] **Moita, Francisco,** Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

2.10 Motivos para a utilização das energias renováveis

Imagem 25– O sol proporciona um fluxo de energia superior á consumida pelo homem. Imagem disponível na internet em http://olhares.aeiou.pt/pds_a_500_mm_3_foto2569099.html de João Silva – Paisagem natural

Numa primeira abordagem os sistemas de produção de energia renovável podem substituir os combustíveis fósseis no aquecimento, arrefecimento ou ventilação dos edifícios. As principais fontes de energia renovável na arquitectura são a energia solar, eólica, a geotermia e a biomassa. Ao nível do planeamento urbano temos a energia das ondas, correntes de água ou as marés que se encontram em fase de estudo com insuficiente aproveitamento. O fácil acesso aos combustíveis fósseis desincentivou um maior desenvolvimento das energias renováveis assim como a energia nuclear que apesar de a podermos colocar nas energias limpas a consideramos uma fonte de energia perigosa. Uma tendência evidente nos últimos anos é a crescente aplicação das fontes de energia renovável e a de pequena escala.[29]

Na teoria, a energia renovável poderia satisfazer as necessidades energéticas da sociedade. O sol proporciona um fluxo de energia superior á consumida pelo homem. O problema centra-se na forma como podemos transformar esta energia, armazenar,

[29] **Farinha, J. ; Serpa, L.; Mendes, T.** (1996), A Sustentabilidade Ambiental em Planeamento Urbano de Pormenor, Actas da V Conferência sobre a qualidade do Ambiente, Universidade de Aveiro.

distribuir e utilizar de modo que se consiga aquecer os edifícios, fazer com que todos os aparelhos eléctricos funcionem e realizar inúmeras tarefas que fazemos nos nossos dias sem ser através da queima dos combustíveis fosseis. A energia renovável pode ser aplicada nos edifícios através da produção noutros locais e distribuir-se na forma convencional produzindo na área circundante do edifício ou no próprio edifício.

Para aproveitar estas estratégias, é importante que a fontes de energia renováveis estejam presentes na fase de projecto.[30]

Imagem 26 - O sol é o responsável pela existência da energia eólica. Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand.

A energia solar pode ser uma das hipóteses para ser implementada para além da eólica, hidráulica, geotérmica, etc. ... Numa elevação orientada a sul, por exemplo, é propicia á utilização da energia solar, enquanto que num local exposto a ventos a energia eólica pode ser mais interessante. Uma vez seleccionado o local do projecto, outras soluções poderão surgir contribuindo para uma melhor utilização das energias

[30] **Farinha, J. ; Serpa, L.; Mendes, T.** (1996), A Sustentabilidade Ambiental em Planeamento Urbano de Pormenor, Actas da V Conferência sobre a qualidade do Ambiente, Universidade de Aveiro.

renováveis. A orientação e implantação face ao terreno iram revelar as fontes mais eficazes de produção de energia.

A regra base para a utilização das energias renováveis é que as fontes de energia disponíveis e o método de exploração estejam integradas logo na fase inicial do projecto. Com demasiada frequência a energia renovável é tida em consideração somente quando as principais decisões chave são tomadas sendo por isso necessário resolver problemas de desperdício energético recorrendo às energias renováveis. Este é o caso do desenho solar passivo em que as limitações geométricas são muito importantes.[31]

Imagem 27 – O sol é uma fonte inesgotável de energia. Imagem disponível na internet em http://olhares.aeiou.pt/esplendorosa_foto2869273.html de Miguel Afonso

[31] **Farinha, J. ; Serpa, L.; Mendes, T.** (1996), A Sustentabilidade Ambiental em Planeamento Urbano de Pormenor, Actas da V Conferência sobre a qualidade do Ambiente, Universidade de Aveiro.

2.11 Conclusão do capítulo

O objectivo neste capítulo era proceder à análise dos ganhos energéticos com a energia passiva.

Foram apresentados métodos para tirar partido da energia solar e do vento para o controlo da temperatura do edifício.

Concluímos por isso que o primeiro princípio a ter em conta é a localização e orientação do edifício. Seguidamente garantir que o edifício está devidamente isolado termicamente, para minimizar diferenças de temperatura. A utilização de elementos como vegetação e lâminas permitem proteger e ou, canalizar ganhos energéticos para o interior do edifício.

Outro requisito prende-se com a organização espacial juntamente com os pontos anteriormente descritos beneficiam directamente com a exposição solar ou ventilação.

Uma boa aplicação destes princípios resulta numa redução drástica dos consumos energéticos. Apesar de não ser suficiente para garantir que o edifício possa ser autónomo, a energia passiva só pode ser utilizada pelo próprio edifício.

3 A produção de energia na arquitectura

3.1 Introdução

No capítulo anterior definimos conceitos base para a utilização da energia passiva num edifício.

As novas tecnologias apresentam soluções que permitem colmatar as falhas existentes na energia passiva. Soluções de produção de energia num edifício são diversificadas e complexas. Os seus métodos de funcionamento e energia produzida variam, assim como o impacto que têm na arquitectura.

Neste capítulo iremos fazer um levantamento sobre diferentes formas de produzir energia, ou que reduzam o seu consumo.

A este objecto de estudo teve-se em conta características técnicas de relevância para a arquitectura e para o arquitecto. Elementos como índices de produção, voltagem, entre outros, não serão tidos em conta, a não ser meramente informativos, por não ser da responsabilidade do arquitecto. O objectivo é sim, compreender como funcionam, como são aplicados e o impacto que provocam num edifício.

Foram trocadas informações com empresas que produzem esses mesmos sistemas para comprovar a investigação efectuada.

3.2 A energia solar activa

3.2.1 Definição

A energia solar é a fonte de energia mais abundante na Terra. Calcula-se que o seu valor seja cinco mil vezes superior ao somatório de todos os outros tipos de energia (nuclear, geotérmica, hidroeléctrica, etc.).

Para ter uma ordem de grandeza, estima-se o consumo anual de energia na Terra em 1014 kwh, ou seja 1/10000 da energia que o sol envia à Terra. Isto significa que a energia que o sol faz chegar à Terra em menos de uma hora é suficiente para o consumo durante um ano.[32]

A energia solar assume-se assim como uma alternativa válida para satisfazer as necessidades futuras do planeta e talvez por esse motivo que seja neste momento a forma de energia que mais procura tem tido por parte de pequenos investidores e os próprios consumidos.

Imagem 28 – representação de um campo de produção de energia solar. Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand.

[32] **Iakovos Tzanakis** (2006), Combining wind and solar energy to meet demands in the built environment, University of Strathclyde

Mesmo que esta forma de produção de energia parece fácil de se instalar e utilizar ela requer uma análise ponderada e conhecimento básico para saber qual o painel a adoptar.

Dentro dos painéis solares encontramos dois tipos: os colectores solares térmicos e os painéis fotovoltaicos.

Sabemos hoje que uma das principais formas de consumo de energia prende-se com o aquecimento do espaço. Para tal os colectores solares térmicos são dispositivos que captam a energia solar e a distribuem sob a forma de calor útil, principalmente para águas quentes domésticas. Um sistema solar térmico integra componentes que captam, armazenam e distribuem o calor solar.

3.2.2 Funcionamento dos colectores solares

Existem três tipos principais de colectores:[7]

- Os colectores não envidraçados compõem-se de tubos de plásticos ou de metal negro nos quais circula o fluido térmico. São simples e têm um baixo custo de fabrico, mas só conseguem atingir temperaturas próximas de 20ºC acima da temperatura ambiente.

- Os colectores planos, do tipo mais utilizado, são constituídos por uma caixa chata isolada, na qual circula o termo fluido. Podem produzir temperaturas até 70ºC acima da temperatura ambiente.

- Os colectores de tubos evacuados, são constituídos por um conjunto de tubos de vidro em que se faz o vácuo, contendo cada qual, um absorvedor que capta a energia solar e a transfere para o termo-fluido. Estes colectores podem produzir temperaturas de 100ºC ou mais, acima da temperatura ambiente.

[7] "Conversão Térmica da Energia Solar", Cruz Costa, Jorge; Lebeña, Eduardo, SPES/INETI disponível em: http://www.spes.pt/Manual_Instaladores.pdf

Sabendo que cada tipo de colector pode produzir diferentes temperaturas podemos fazer uma escolha diferenciada tendo em conta a função a que o colector irá desempenhar. Mesmo assim vamos encontrar variáveis dentro deste mesmo sistema. Para uma habitação podem ser utilizados dois sistemas. O sistema de termossifão e o de circulação forçada.[33]

Imagem 29 - colectores planos. A imagem encontra-se disponível em www.sunsystem.bg

[33] "Conversão Térmica da Energia Solar", Cruz Costa, Jorge; Lebeña, Eduardo, SPES/INETI disponível em: http://www.spes.pt/Manual_Instaladores.pdf

Imagem 30 – colector de tubos evacuados. A imagem encontra-se disponível em www.sunystem.bg

3.2.2.1 Termocolectores na habitação

No sistema de termossifão o depósito está junto ao painel solar no exterior. É necessário um sistema de apoio, caldeira, esquentador ou resistência eléctrica, para os meses onde o sol não garante toda a energia necessária.

Os colectores solares e o depósito são, habitualmente, instalados na cobertura e através da irradiação directa e "efeito de estufa" a energia solar recebida eleva a temperatura no interior dos colectores. Esse aumento vai fazer com que a água que lá se encontra aqueça.

Uma vez aquecida, e por ser mais leve que a água fria, a água quente sobe no interior do reservatório. A água mais fria desce em direcção ao colector para a ser aquecida.

Este ciclo repete-se enquanto permanecer a diferença de temperatura, levando ao aquecimento da água no reservatório.

Se a temperatura da água aquecida pelo sistema solar não for suficiente (por exemplo em dias de pouco sol) a unidade de apoio (caldeira, esquentador ou resistência eléctrica) entra em funcionamento para que seja alcançada a temperatura desejada.[34]

Imagem 31 - Esquema do funcionamento do sistema solar térmico para o aquecimento das águas e temperatura de um edifício. Imagem adaptada dos esquemas enviados pela empresa "Hemera Energy".

No sistema de circulação forçada o depósito de água é instalado no interior. Tal como no termossifão, aqui também é necessário um sistema de apoio, caldeira, esquentador ou resistência eléctrica, para os meses onde o sol não garante toda a energia necessária.

Os colectores solares são também instalados habitualmente na cobertura da moradia e recebem a radiação solar. Através da irradiação directa e "efeito de estufa" a energia solar recebida eleva a temperatura no seu interior.

O aumento de temperatura no interior dos colectores faz aquecer o fluído, composto por água e anticongelante, que circula no seu interior.

Este fluído é transportado por uma bomba circuladora a um acumulador ou a um permutador, transferindo o seu calor ao circuito de água a ser aquecida. (7)

[34] **Becker-Weinberg.** Informação técnica. 2008. Hemera Energy.

Imagem 32 – aplicação do piso radiante. A imagem encontra-se disponível em http://sites.google.com/site/valeemartins/aquecimento

Esta é habitualmente armazenada num depósito acumulador, pronta a ser utilizada.

Se a temperatura da água aquecida pelo sistema solar não for suficiente, assim como no sistema anterior, os sistemas de apoio entram em funcionamento alcançando a temperatura desejada.[35]

Perceber que o mercado oferece varias soluções deste tipo de aquecimento solar, permite ao arquitecto adaptar á solução pretendida um determinado painel.

Lembramos no entanto que este tipo de painel tem somente a função de aquecer, as águas, assim como o ar do interior de uma habitação. Embora o painel e o sistema de aquecimento não seja o mesmo o princípio de funcionamento do painel é parecido. O método de funcionamento do painel consiste em circular por um tubo líquidos que ao sol vão aquecendo e sendo depois encaminhados para um colector que os armazena e distribui para o resto da habitação. É importante que a distância que

[35] **Becker-Weinberg.** Informação técnica. 2008. Hemera Energy.

existe entre o painel solar e o colector seja relativamente curto, para minimizar o desperdício. Embora existam formas de aumentar esta distância ela não é recomendada. Mantendo o mesmo critério de reduzir a distância, o colector deve encontrar-se perto das instalações sanitárias, cozinha e outros compartimentos que utilizem água quente, para garantir um bom funcionamento desta rede.[8]

3.2.2.2 Termocolectores na habitação colectiva

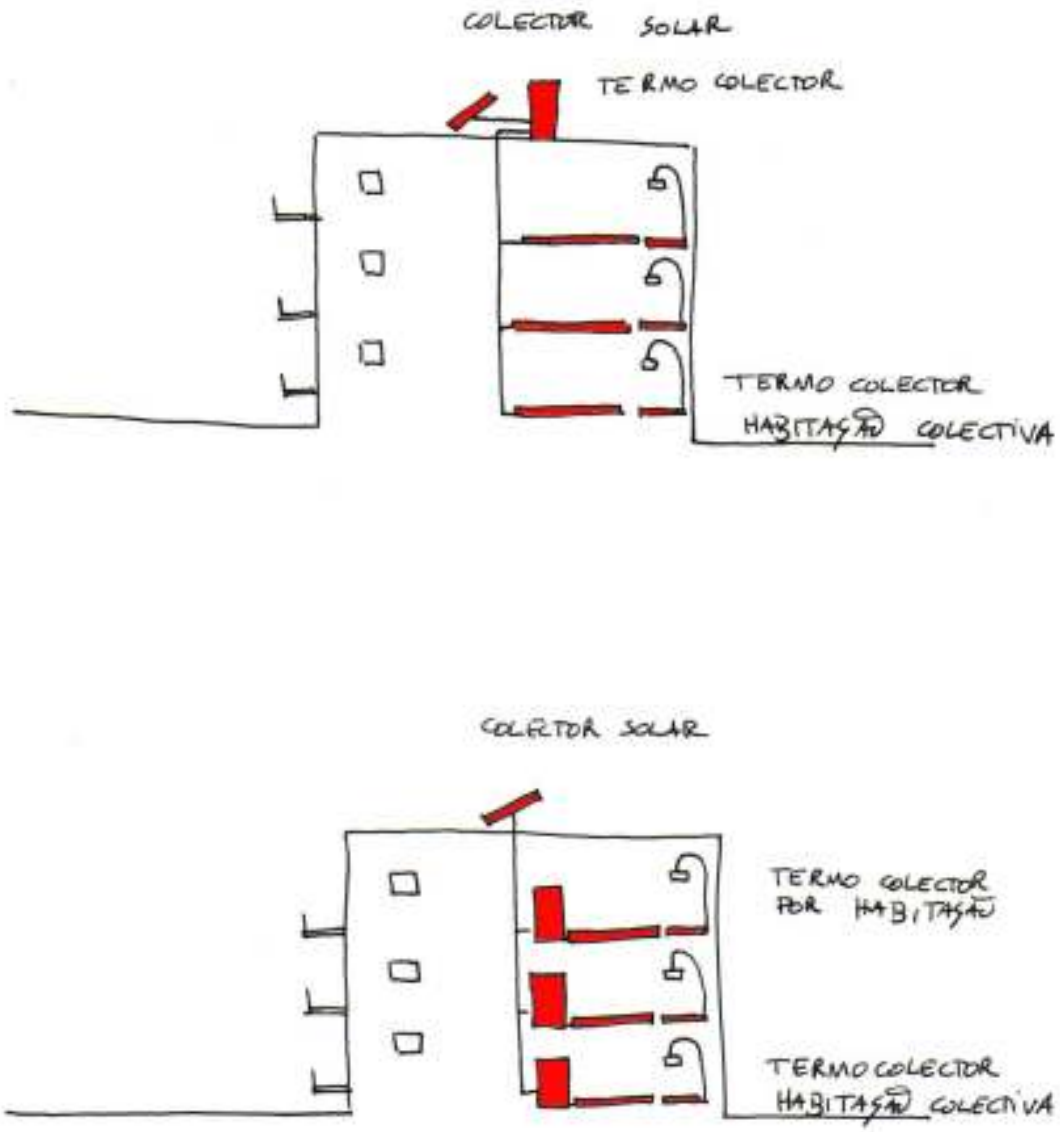


Imagem 33 – Esquema da aplicação de termocolectores na habitação colectiva. Imagem adaptada dos esquemas enviados pela empresa "Hemera Energy".

[8] **Becker-Weinberg.** Informação técnica. 2008. Hemera Energy.

Quando se trata de uma habitação colectiva encontramos pequenas diferenças em relação á habitação individual existindo dois sistemas: Acumulação centralizada utilizada principalmente em hotéis, escolas, ginásios, etc. ... e a acumulação descentralizada que utilizada em edifícios de habitação.

Na acumulação centralizada o processo de aquecimento da agua é o mesmo que nas habitações e o seu armazenamento é feito em reservatórios individuais situados em cada um dos apartamentos do edifício enquanto que, na acumulação descentralizada o seu armazenamento é feito em reservatório (s) de grande capacidade destinados a fornecer todo o edifício.

A diferença encontra-se na forma de distribuição do calor e nos acumuladores.

3.2.2.3 Termocolectores na indústria

A indústria também pode utilizar os colectores solares térmicos para o aquecimento de água. Certamente que esta é uma solução para diminuir custos da indústria.

Aqui podemos fazer um pré-aquecimento de agua de processo e ou o aquecimento das aguas das instalação sanitárias. Para o aquecimento das águas sanitárias o método é o mesmo das habitações mas no que refere ao processo industrial o desenvolvimento tecnológico dos colectores solares permite a obtenção de temperaturas até 120ºC com excelentes rendimentos, conseguindo-se reduzir os custos de aquecimento de água do processo pela introdução destas soluções térmicas.

Os processos com um consumo contínuo de calor durante as horas de sol e ao longo do ano são aqueles onde são encontradas as condições mais favoráveis para a aplicação destas soluções com base em energia solar.

Estes processos podem ser, por exemplo, os processos de secagem e tratamentos químicos, aquecimento de ar, destilação, pasteurização e produção de vapor.[36]

[36] **Becker-Weinberg.** Informação técnica. 2008. Hemera Energy.

Imagem 34 – Colectores solares na industria. A imagem encontra-se disponível em http://www.chinasolarenergy.com/uploadfile/2006712154757575.jpg

O pré-aquecimento de água utilizada nestes processos pode ser uma fonte muito importante de redução de consumos energéticos provenientes das fontes energéticas tradicionais.[37]

Apesar de na imagem não existir nenhum cuidado com o impacto destes sistemas no edifício, mostrando mesmo o descontrolo e desorganização da aplicação do sistema. Apesar de tudo achamos que a modelação e repetição poderiam ter dado para refazer a imagem do complexo industrial.

[37] **Becker-Weinberg.** Informação técnica. 2008. Hemera Energy.

3.2.3 Funcionamento dos painéis fotovoltaicos

Dentro ainda da energia solar temos os painéis fotovoltaicos.

Os painéis fotovoltaicos produzem directamente em electricidade a luz solar.

As células fotovoltaicas são aplicadas em dois tipos de instalação:[38]

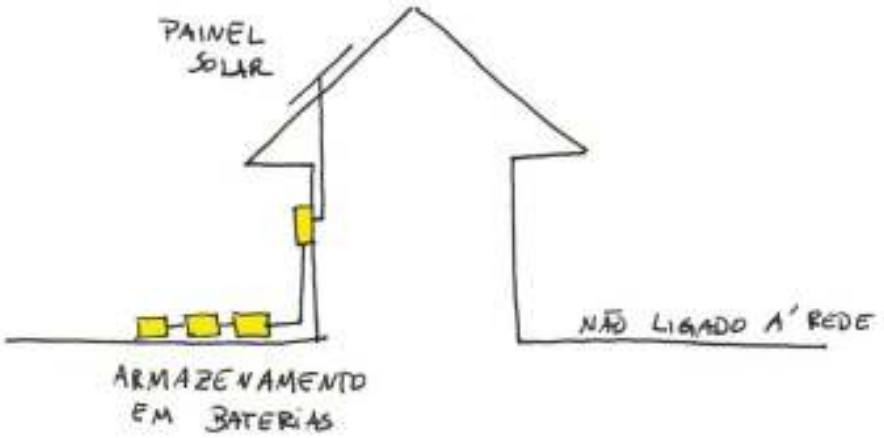
- "Não ligadas á rede"

"Ou isoladas" não estão ligadas a uma rede pública propriamente dita e a sua energia produzida é utilizada directamente ou poderá ser armazenada em baterias, para uma utilização posterior. O custo do armazenamento é bastante elevado.

- "Ligadas á rede"

Uma instalação ligada á rede dispensa o custo de armazenamento da energia. A energia excedente é fornecida á rede á medida que é produzida trazida de volta sempre que necessário. Este sistema está sempre dependente do estatuto legal nos pais em questão.

[38] **Becker-Weinberg.** Informação técnica. 2008. Hemera Energy.



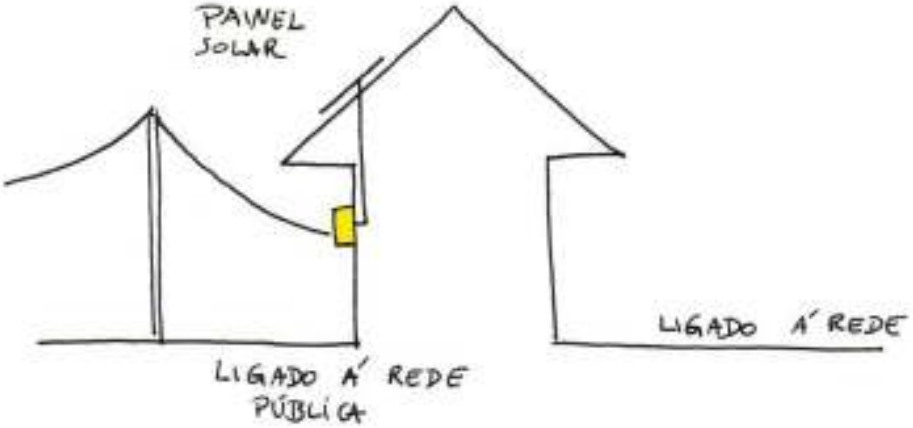


Imagem 35 – Esquema do funcionamento do sistema fotovoltaico na habitação ligado ou não ligado à rede pública. Imagem adaptada dos esquemas enviados pela empresa "Hemera Energy".

3.2.3.1 A energia fotovoltaica: aspectos e decisões

Os aspectos chave para a tomada de decisão por parte do arquitecto quando se utilizam tecnologias fotovoltaicas devem ser as seguintes:

- Quanto contribuem para a carga energética;

- A rentabilidade ao longo da vida útil do edifício;

- Se é apropriada a sua implementação e o seu uso;

- Fiabilidade;

- Possibilidade de integração no projecto com as restantes instalações do edifício.

A principal vantagem dos sistemas fotovoltaicos é a possibilidade de converter a luz solar em electricidade. Isto permite a utilização de um inúmero conjunto de aparelhos eléctricos como computadores, televisores, sistemas de ar condicionado, entre outros, sem ter necessidade de recorrer a energia externa. Também oferece grandes benefícios para a actividade comercial, na electricidade estimada à iluminação interior e funcionamento de distintos aparelhos que representam grande parte da carga eléctrica. Não obstante ao principal problema que a utilização das energias renováveis apresenta é a natureza intermitente da sua fonte (sol e vento) e a dificuldade do seu armazenamento. Por este motivo, é muito importante garantir a compatibilidade da estratégia energética com o projecto e o uso quotidiano do edifício. Por exemplo, a iluminação de um escritório é costume ser utilizada durante o dia e a tecnologia fotovoltaica permite converter a energia solar em electricidade ao mesmo tempo que está a ser consumida. Isto significa que existe um equilíbrio entre a natureza e as necessidades do homem. A electricidade gerada pelos sistemas fotovoltaicos que não se consome no próprio edifício pode ser enviada à rede de abastecimento nacional que funciona como um armazém de energia. Em momentos de baixa geração energética (durante a noite e dias nublados), o utilizador do edifício pode voltar a comprar a electricidade a um preço reduzido. Por isso, o acesso à rede pública é fundamental para o funcionamento de um sistema fotovoltaico. Caso contrário seria necessário contar com o apoio de baterias cujo custo é elevado.

Antes que a electricidade gerada pelos sistemas fotovoltaicos, possa ser utilizada no próprio edifício ou enviada à rede geral de abastecimento, é necessário transformar a corrente continua em corrente alterna. Para isto é necessário um transformador trazendo consigo custos adicionais na sua instalação que podem ser uma causa mais frequente de algumas falhas no sistema do que os próprios sistemas fotovoltaicos. Juntamente com isto existem factores que reduzem a produção como a sombra, a má orientação dos painéis e defeitos de instalação. Por este motivo, a tecnologia fotovoltaica deveria considerar-se um aspecto fundamental do projecto e não um elemento adicional posterior.[9]

[9] **Edwards, Brian.** Guía básica de la sostenibilidad. 2ª ed. 2005 Editorial Gustavo Gili, SL.

Imagem 36 – Utilização de painéis fotovoltaicos na habitação. A imagem encontra-se disponível em www.rolfdisch.de

3.2.3.2 Painéis fotovoltaicos: a necessidade de integração no projecto

A estética urbana dos painéis fotovoltaicos adapta-se especialmente bem a projectos high tech. Além disso, a sua capacidade de resposta a condicionantes climáticas variáveis, o seu brilho e glamour, fazem com que muitos clientes estejam dispostos a pagar o custo adicional da instalação. A colocação de painéis fotovoltaicos na cobertura ou na fachada inclinada de um edifício indica interesse pelo meio ambiente o que melhora a imagem pública da empresa. Esta combinação de estética e prestígio, assim como generosos recompensas que muitos governos oferecem para promover a sua instalação sugerem que os sistemas fotovoltaicos rapidamente se tornarão a principal fonte de energia renovável utilizada.

A importância que se concede à energia, e em concreto aos sistemas fotovoltaicos deu um novo valor ao quinto alçado, cuja forma e orientação são também importantes como as fachadas verticais. Os arquitectos devem conseguir que os aspectos técnicos dos painéis fotovoltaicos encaixem perfeitamente com a forma, orientação e a inclinação das coberturas. O efeito visual de uma ma integração reduz o potencial estético dos painéis fotovoltaicos. No caso de edifícios de escritórios o ajuste não é difícil mas no caso de habitações individuais o resultado final é menos satisfatório.

O tamanho dos painéis fotovoltaicos é difícil de ser adaptado à escala de uma cobertura doméstica, sobretudo quando são necessários vários painéis para gerar energia suficiente. Alguns fabricantes estão já a desenvolver telhas com células fotovoltaicas incorporadas.

Na era da alta tecnologia o conceito de criar uma só peça deveria ser o objectivo final. As impressionantes formas curvas de muitos edifícios modernos adaptam-se perfeitamente ao uso de painéis fotovoltaicos dado que o sol se move e muda continuamente a altitude. A instalação de painéis em ângulos distintos permite conseguir a máxima eficácia em momentos diferentes do dia e ano. Além disso, como o vidro dos painéis pode ter tons diferentes, cor e textura, podem modificar-se para que se adaptem ao edifício. Esta é a chave para uma boa integração da tecnologia fotovoltaica tornando o edifício mais atractivo, impulsionando a forma do mesmo.[39]

Imagem 37 – Integração perfeita dos painéis solares numa habitação. A imagem encontra-se disponível em http://www.xenian.com.au/photogallery/HouseFuture.htm

Como dissemos no inicio desta alínea "A estética urbana dos painéis fotovoltaicos adapta-se especialmente bem a projectos high tech.". As imagens apresentam uma das muitas soluções que a arquitectura pode oferecer com a utilização de painéis solares num edifício.

[39] **Iakovos Tzanakis** (2006), Combining wind and solar energy to meet demands in the built environment, University of Strathclyde

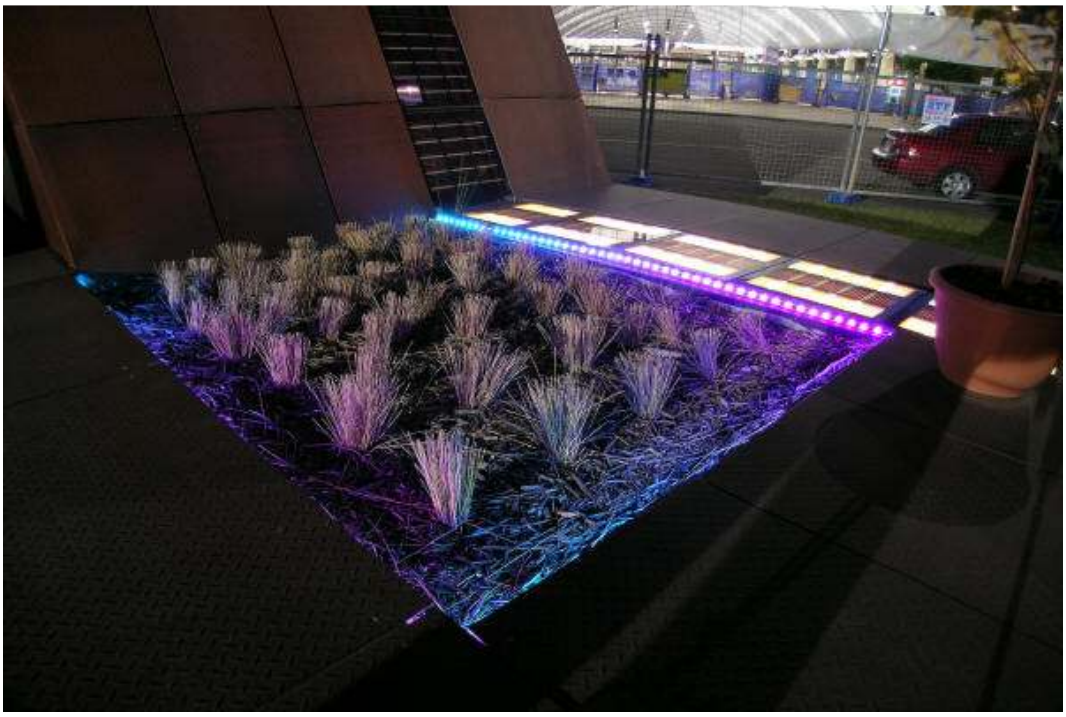


Imagem 38 – No período nocturno os painéis solares não produzem energia mas podem ter uma componente estética. A imagem encontra-se disponível em http://www.xenian.com.au/photogallery/HouseFuture.htm

3.2.4 Vantagens e desvantagens da energia solar activa

Um dos problemas do sistema fotovoltaico é não conseguir produzir electricidade de uma forma continua dado as variações de luz solar durante as 24 horas do dia criando picos de produção energética a meio do dia e havendo períodos de produção nula durante a noite e ainda variando consoante as condições climatéricas.

O armazenamento da energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos é outro dos problemas ainda por resolver. O seu custo elevado, o desgaste rápido e a incapacidade de armazenamento de grandes quantidades de energia, face ao investimento de que necessitam, conduzem à inviabilidade do processo de armazenamento.

As características técnicas da utilização deste sistema variam conforme o uso dado ao edifício, fazendo com que as soluções sejam muito variáveis mesmo em edifícios semelhantes.

A instalação deste tipo de sistemas tem custos muito elevados assim como o seu controlo e manutenção periódica.

Deixando de lado medidas fiscais que promovem a aplicação mais generalizada dos sistemas fotovoltaicos, é essencial que estes sistemas estejam integrados no projecto de arquitectura. As necessidades desta importante inovação tecnológica deveriam determinar os elementos básicos do projecto, planta e alçados. Isto não significa necessariamente que se adoptem soluções planas. As formas curvas e ondulantes provam ser mais eficientes desde o ponto de vista energético, sobretudo quando os painéis fotovoltaicos se combinam com sistemas solares passivos de aquecimento e refrigeração.[40]

[40] **Iakovos Tzanakis** (2006), Combining wind and solar energy to meet demands in the built environment, University of Strathclyde

3.2.5 A energia solar em Portugal

Imagem 39 – Centro solar Fotovoltaico em Amareleja (Moura). Imagem disponível em http://www.portalalentejano.com/imagem_dia/?p=496

Portugal é um dos países da Europa com maior disponibilidade de radiação solar, contando entre 2200 e 3000 horas de sol por ano. No entanto, este recurso não tem sido bem aproveitado do ponto de vista energético.

Estima-se que existam cerca de 225 mil metros quadrados de colectores térmicos instalados, tendo o mercado registado uma expansão reduzida nos últimos anos. Em relação à energia fotovoltaica, em Portugal, aplica-se essencialmente nas áreas das telecomunicações, sinalização, electricidade rural e bombagem de água.

Apesar de o país reunir condições de excelência para a conversão fotovoltaica, existem algumas justificações para o tímido desenvolvimento desta área energética. No passado, sobretudo nos anos 80, Portugal passou por algumas más experiências,

nomeadamente devido à má qualidade dos equipamentos usados. A falta de informação sobre as potencialidades desta fonte renovável e o custo inicial são também entraves ao crescimento fotovoltaico, entre outras razões.

Já existem alguns colectores de marca nacional, mas, mesmo assim, a estagnação interna ainda contrasta com os cenários de outros países, onde esta energia parece crescer rapidamente.

Relativamente ao futuro, avizinham-se algumas mudanças a médio prazo, nomeadamente devido ao aparecimento de incentivos para a progressão desta fonte energética.[41]

[41] **Oliveira Fernandes, E., Almeida, F.** (1996), Gestão de Recursos Energéticos no Espaço Urbano e Ambiente – Caso da Expo´98, in 5ª Conferência Nacional sobre a qualidade do ambiente, Aveiro.

3.3 A energia eólica

3.3.1 Definição

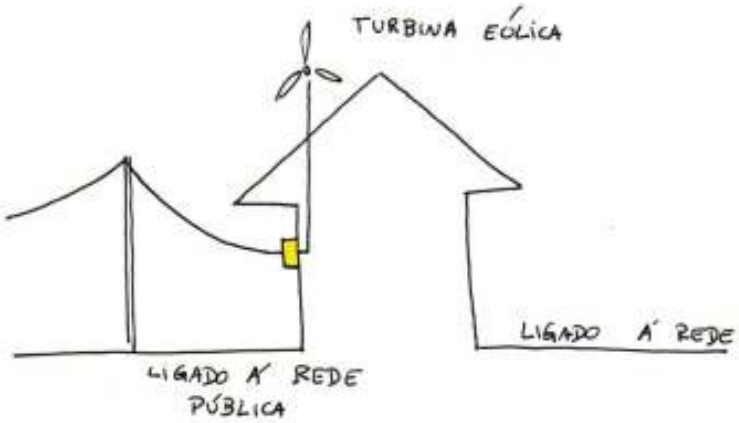
A energia eólica é uma fonte energética extremamente eficiente garantindo uma produção de energia 100% ecológica. As diferenças de pressão atmosférica entre zonas distintas originam o deslocamento de massas de ar. Entre 1 a 2% da energia que provém do sol é convertida em energia eólica, a qual é cerca de 50 a 100 vezes superior à energia convertida em biomassa por todas as plantas da terra.

É versátil podendo ser instalada em vários locais desde a costa ao interior, ou mesmo no próprio edifício. O custo de instalação e manutenção desceram bastante, tanto que a sua exploração local e no edifício é actualmente viável. Existem diversas tecnologias e novos tipos de bombas eólicas.

3.3.2 Funcionamento do sistema eólico

Algumas instalações produzem electricidade directamente enquanto que outras são utilizadas para ventilação ou bombeamento de água.

As fontes de energia renováveis como a eólica e a solar fotovoltaica operam segundo um sistema similar. Temos também dois sistemas: ligados á rede onde a electricidade gerada pode vender-se à rede nacional e ser adquirida mais tarde em caso de ausência de vento e não ligadas á rede aos quais devem ter acumuladores para poder armazenar energia para poder utiliza-la quando este sistema não tiver vento.[42]



[42] **Becker-Weinberg.** Informação técnica. 2008. Hemera Energy.

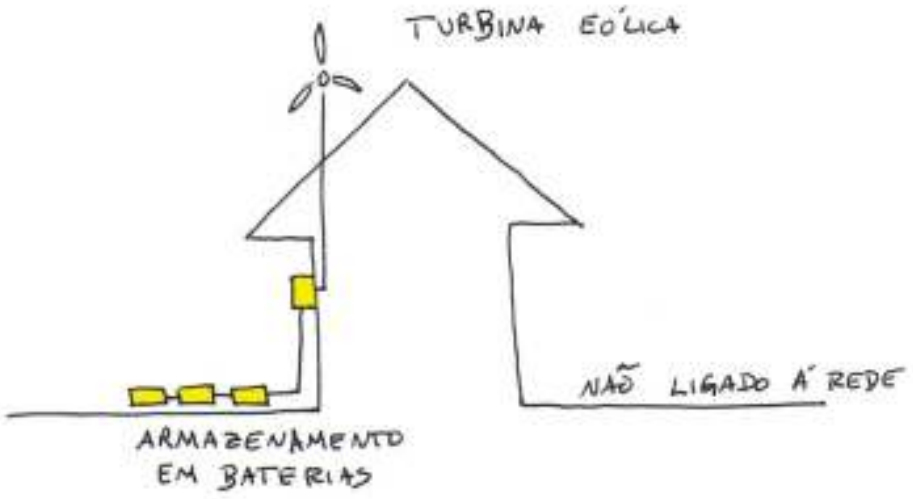


Imagem 40 – Esquema do funcionamento do sistema eólico na habitação ligado ou não ligado à rede pública. Imagem adaptada dos esquemas enviados pela empresa "Hemera Energy".

3.3.2.1 Microgeradores eólicos para a arquitectura

Como alternativa á produção a grande escala os fabricantes destas turbinas começaram a produzir microgeradores eólicos aptos para serem instalados em edifícios. Semelhantes às turbinas eólicas convencionais, as "turbys" têm um mecanismo semelhante, mais leves e pequenas mas estas giram num eixo vertical. Isto permite ter um sistema mecânico menor, diminuindo também pressões que este sistema está sujeito. Uma outra vantagem prende-se com o factor de este turbina funcionar independentemente da direcção do vento, ao contrário das turbinas convencionais que têm de funcionar de frente para o vento.

O resultado final é uma turbina mais silenciosa. De perto o ruído produzido por esta turbina assemelha-se ao de um ar condicionado convencional. Sendo mesmo imperceptível a 20 m de distancia tornando-a ideal para ambientes urbanos.

Os ambientes urbanos são responsáveis pela criação de um sistema complexo de variações de pressão de ar. Um conjunto de edifícios altos gera turbulência, o mesmo que faz virar os guarda-chuvas ao contrário. Esta nova turbina foi concebida para este vento específico. A turbina é ajustável na vertical para poder encontrar o local exacto da turbulência provocada pelo edifício fazendo-a girar duas vezes mais rápido do que numa situação normal.

Mesmo assim de momento este sistema energético não consegue produzir energia suficiente para uma habitação. Compensada por painéis solares ligados á rede pública vendendo a energia, é possível que se consiga produzir a tão desejada energia a custo 0.[43]

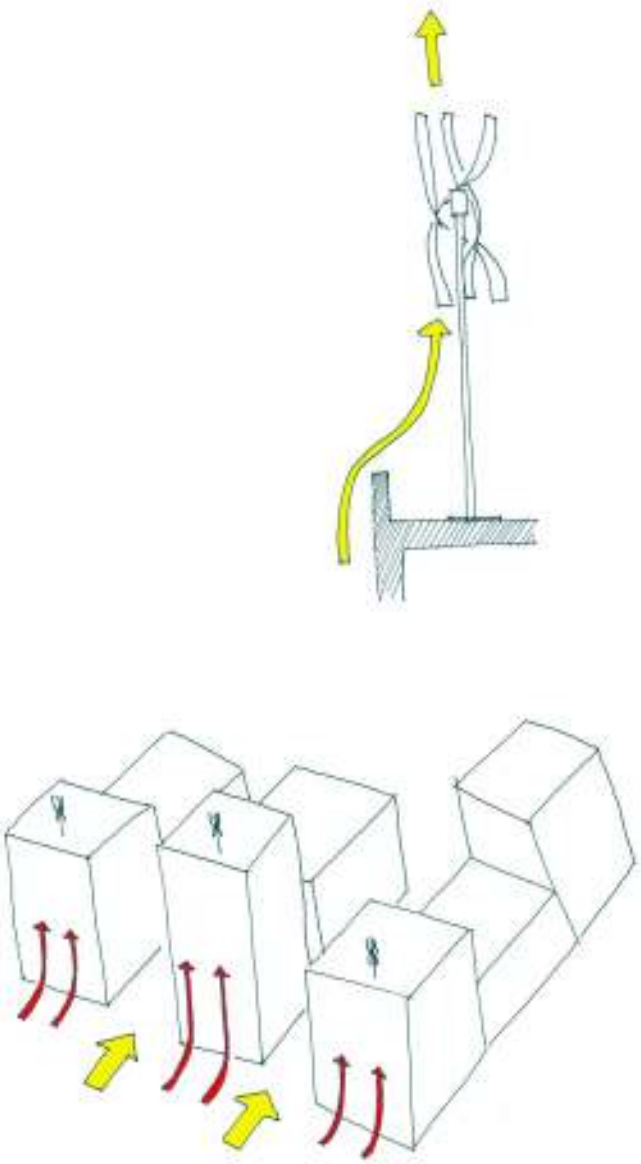


Imagem 41 – Esquema do funcionamento do sistema eólico no espaço urbano e o seu funcionamento com ventos ascendentes. Imagem adaptada dos esquemas enviados pela empresa "Hemera Energy".

[43] **Iakovos Tzanakis** (2006), Combining wind and solar energy to meet demands in the built environment, University of Strathclyde

3.3.2.2 Parques eólicos em alto mar

A preocupação pelo impacto ambiental que os parques eólicos provocam o governo do Reino Unido está a promover a instalação de 50% do parque eólico britânico seja instalado em alto mar. A estas instalações em alto mar não estão isentas de terem impacto ambiental (aves migratórias e a pesca), oferecem energia limpa sem afectar as comunidades locais.

Por tanto, para além dos impactos ambientais, também os argumentos económicos estão a favor dos parques eólicos em alto mar.[44]

Imagem 42 – Representação de um parque eólico em alto mar. Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand.

[44] **Francisco Eric** (2007) Energy buffering for large wind farms, University of Strathclyde

3.3.3 Vantagens e desvantagens do sistema eólico

A energia eólica pode ser útil como complemento da energia solar, pois pode continuar a produzir energia em dias com pouco sol e durante a noite. A combinação de geradores de electricidade mediante as células fotovoltaicas e a de aerogeradores proporciona uma auto-suficiência muito maior que a energia solar sozinha. Sem condicionantes ao contrário da energia solar que alcança o seu ponto máximo de produção num período em que o consumo é mais baixo (durante o verão) a energia eólica encontra-se com um grande potencial em períodos em que o consumo está mais alto (durante o inverno).[45]

3.3.4 A energia eólica em Portugal

Em Portugal, o primeiro parque eólico surgiu em 1988, em Santa Maria, no arquipélago dos Açores, sendo que, actualmente, a distribuição destas centrais abrange uma parte significativa do território nacional. Com o aparecimento do Programa Energia, nos últimos anos, foram criadas condições para o real desenvolvimento deste tipo de energia. Contudo, a produção nacional ainda é insuficiente tendo em conta o panorama dos outros países europeus.

Existem algumas barreiras que contribuem para o fraco desenvolvimento desta energia em Portugal:

- Ligação em rede: uma vez que uma grande parte do potencial se encontra em locais remotos ou servidos por redes fracas, o escoamento da energia só se faz através da construção de novas linhas, o que aumenta os custos ou inviabiliza as operações;

- Impacte ambiental: principais incidências ambientais que, habitualmente, são apontadas, como o ruído, o impacte visual e a influência na fauna avícola; no entanto a evolução das tecnologias usadas tende a compatibilizar ambos os interesses;

[45] **Iakovos Tzanakis** (2006), Combining wind and solar energy to meet demands in the built environment, University of Strathclyde

- Procedimentos burocráticos: além de morosos, envolvendo uma grande quantidade de organismos e critérios, os procedimentos administrativos de um projecto de energia eólica são, por vezes, pouco explícitos e sem regras definidas entre as várias entidades.

Imagem 43 – O impacto visual destes sistemas é subjectivo. A inspiração artística do fotógrafo veio de uma hélice eólica. Autor Simão Pereira de Magalhães. Imagem disponível em http://olhares.aeiou.pt/foto1536665.html

Encontram-se já comercializadas turbinas eólicas para ambientes urbanos às quais as pessoas podem recorrer para as suas habitações, por exemplo. Hoje é possível ter uma casa auto sustentada com estas turbinas, sendo que os custos de instalação são "relativamente baixos". Na prática as pessoas vão injectar energia na rede e depois acertam contas com a entidade fornecedora. Com uma potência que pode variar entre 1 e 4 kW, o equipamento pode ser aplicado, por exemplo, em unidades industriais, escolas ou residências.

É sempre importante comparar o valor do investimento com o retorno do mesmo uma vez que esta é uma das condicionantes na arquitectura.[46]

[46] **Oliveira Fernandes, E., Almeida, F.** (1996), Gestão de Recursos Energéticos no Espaço Urbano e Ambiente – Caso da Expo´98, in 5ª Conferência Nacional sobre a qualidade do ambiente, Aveiro.

3.4 Bombas de calor

3.4.1 Definição

As Bombas de Calor são equipamentos reversíveis, que aproveitam e transferem as diferenças de temperatura existentes na natureza (terra, ar e água) como fonte de energia para controlar a temperatura do espaço aquecendo-o ou arrefecendo-o.

Assim sendo as bombas de calor podem retirar o calor existente no exterior e liberta-lo no interior da habitação assim como retirar o calor no interior e liberta-lo no exterior.[47]

3.4.2 Funcionamento do sistema de bombas de calor

A captação deste sistema é feita de duas formas, directa e indirecta.

No sistema de captação directa, os permutadores de captação exterior (evaporador) e os permutadores de captação interior (condensador) são constituídos por uma serpentina de tubo de cobre de qualidade frigorífica, recobertos de Prc de protecção, onde circula o fluido frigorígeno.

Os permutadores interiores são normalmente parte integrante de um sistema de aquecimento por pavimento radiante, constituído também por uma ou mais serpentinas de tubo de cobre de características iguais às do permutador exterior

No sistema de captação indirecta, os permutadores exteriores são constituídos por um tubo de polietileno, onde circula água glicolada. Os permutadores interiores são constituídos por uma ou várias serpentinas de tubo de polietileno reticulado encerrado no pavimento, ou por radiadores tradicionais ou ainda ventiloconvectores.

Os permutadores exteriores e interiores estão ligados a um gerador termodinâmico de ciclo reversível.

[47] **Lahsen Alfredo** (2008) Geotremia: Energia Limpia y removable para Chile, Departamento de Geologia, Universidad de Chile

Imagem 44 - Esquema do funcionamento do sistema geotérmico e aerotermico na habitação. Imagem adaptada dos esquemas enviados pela empresa "Hemera Energy".

O Sistema de Climatização por Aerotermia consiste em recuperar o calor presente no ar e que combinado com uma bomba de calor, permite a climatização das habitações. Aquecer no inverno, regular a temperatura e/ou refrescar no verão.

Adapta-se na maior parte dos casos a todo o tipo de habitação ou de edifício profissional, porque o sistema de aquecimento no seu conjunto é reversível.

Este princípio é o mais compacto e funciona por captação aérea apoiado numa parede exterior da habitação.[48]

[48] **Becker-Weinberg.** Informação técnica. 2008. Hemera Energy.

Para a climatização são utilizados os mesmos sistemas, tais como pavimento térmico, radiador, ventilo-convector e geradores de ar quente.

Imagem 45 – Bomba de calor. Imagem disponível em http://www.ambienteverde-renovaveis.com/geotermia.htm

3.4.2.1 A energia geotérmica

Estes sistemas de climatização caracterizam-se pela captação de calor da terra. Esta captação utiliza-se desde a antiguidade, para o aquecimento termal.

Actualmente com o desenvolvimento da tecnologia a utilização do calor da terra foi alargada aos edifícios, agricultura, piscicultura, etc. Numa habitação este sistema permite o aquecimento, arrefecimento de espaço interior, aquecimento das águas sanitárias e ainda o aquecimento de piscinas. Contrariamente a outras formas de climatização, esta não está dependente das condições atmosféricas (sol, chuva, vento), revelando-se um pouco mais estável.

A captação da energia geotérmica é efectuada através de um sistema constituído por um conjunto de permutadores, ligados a um gerador termodinâmico (bomba de calor).[49]

[49] **Lahsen Alfredo** (2008) Geotremia: Energia Limpia y removable para Chile, Departamento de Geologia, Universidad de Chile

Imagem 46 – Aplicação de um permutador no solo. Esta é uma das possibilidades existentes no mercado. A imagem encontra-se disponível em http://www.tescar.com/en/node/469

3.4.2.2 Aquecimento geotérmico: aspectos a conter

É preciso localizar com exactidão as instalações subterrâneas existentes

A eficiência depende das características do subsolo que transferem o calor. Os solos compactos são mais eficientes que os porosos e os de características húmidas melhores que os secos.

Os circuitos horizontais são mais baratos que os verticais.

O tamanho da bomba geotérmica deve estar calculado para produzir entre 60 a 70% da energia requerida. É necessária a existência de um sistema secundário para compensar em períodos mais extremos.

É imprescindível que a tubagem seja completamente hermética para evitar perdas de líquido anticongelante.

Nos sistemas de circuito fechado o líquido anticongelante não deve ser tóxico.

A existência de águas freáticas de boa qualidade é fundamental para circuitos abertos.[8]

3.4.3 Vantagens e desvantagens do sistema de bombas de calor

Este sistema tem baixos custos de exploração. Consomem em média 2 a 5 vezes menos do que um aquecedor resistivo. Podem ser adaptados a outros sistemas de aquecimento, ar condicionado e água quente sanitária, provenientes da mesma unidade. Vantagem da sua dupla função de Aquecimento / Arrefecimento. As bombas de calor são compatíveis com todos os sistemas de distribuição de aquecimento, tais como radiadores, condutas de ar e estão em perfeita harmonia com todos os sistemas radiantes (chão e paredes), podendo aquecer ou arrefecer.

Funcionam em qualquer altura, não dependendo do sol, ou outra fonte sazonal. Estes sistemas não têm quaisquer emissões locais de dióxido de carbono, monóxido de carbono ou outros gases que são considerados nocivos e poluidores do meio ambiente. Em zonas com elevada densidade habitacional, facilita e melhora a qualidade do ar. Reduz simultaneamente o gasto de outras fontes de energia, devido á sua eficiência. Também aqui as geotérmicas ganham ás aerotérmicas.

Uma das desvantagens prende-se com a dependência de electricidade da rede, como tal, quase sempre dependente do serviço de abastecimento.[50]

---

[8] **Lahsen Alfredo** (2008) Geotremia: Energia Limpia y removable para Chile, Departamento de Geologia, Universidad de Chile

[50] **Lahsen Alfredo** (2008) Geotremia: Energia Limpia y removable para Chile, Departamento de Geologia, Universidad de Chile

3.5 Biomassa

3.5.1 Definição

A madeira pode ser utilizada como combustível para produzir calor ou através de centrais de coogeração produzir calor e electricidade. Oferece a vantagem de que pode adaptar-se a diversas escalas, desde casas unifamiliares, escolas, espaços públicos, etc. ... além disso a sua produção requer bastante mão-de-obra prazendo por isso benefícios secundários de criar postos de trabalho.[51]

Imagem 47 – Combustível utilizado na biomassa. Imagem disponível em http://www.c3-energy.pt/home/home.php?module=biomassa

Quando se utiliza como combustível a madeira esta emite para a atmosfera CO_2 que absorveu durante o seu crescimento. Isto significa que estas emissões são nulas pois no seu processo de deterioração no meio natural esse CO_2 é também lançado para a atmosfera traduzindo-se em desperdício energético. Comparada com outros sistemas de combustão, este processo emite menos CO_2 para a atmosfera e a madeira contem baixos componentes de sulfureto de nitrogénio que são os responsáveis pela chuva ácida.

[51] **Anders Erald, Christian Rakos, Cláudia Mendes, Fredrik Lagergren, Jeppe Bjerg e Teresa Almeida.**(2002), Aquecimento a Biomassa em Grandes Edifícios – Aspectos Técnicos Essenciais, Centro da Biomassa para a Energia

A madeira é um recurso local e a sua exploração gera emprego directo ao contrário de outras fontes de energia como o petróleo e o gás natural que são produtos internacionais e que criam emprego a milhares de quilómetros de distância. O aproveitamento da madeira fomenta a estabilidade económica local. Criam-se por isso oportunidades de emprego nas florestas, nas centrais de tratamento da madeira e na fabricação e mantimento das caldeiras. A cadeia de emprego converte-se em parte numa rede de sustentabilidade que os arquitectos e construtores apoiam cada vez que incluem a madeira como combustível nos seus projectos de arquitectura. Fomentar por outro lado este tipo de iniciativa para os proprietários das florestas está a ser dado interesse económico aumentando a probabilidade de prosperarem.[52]

3.5.2 Funcionamento da biomassa

Os sistemas comunitários de aquecimento devem ser construídos com um circuito tubular duplo de fluxo e retorno colocados debaixo da terra, a 60 cm de profundidade. O sistema tubular deve estar bem isolado, devendo suportar temperaturas até 120ºC. Dado que a água conduz o calor estes sistemas devem contar também com um sistema de drenagem e uma caixa filtrante. A água e o vapor circulam normalmente a uma pressão de 12 a 16 bares, pelo que as percas de na sua deslocação são de 10% por km. Também é habitual que os sistemas comunitários de aquecimento utilizem combustíveis convencionais além da biomassa. Esta combinação permite ao petróleo e ao gás natural em momentos de um consumo maior, quando a biomassa não for suficiente.

[52] **APARICIO, JORGE LUIS** (2001), Rendimiento Y Biomasa de Eucalyptus nitens con alternativas nutricionales para una Silvicultura sustentable en un suelo rojo arcilloso, Dissertação de Mestrado, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE - FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Imagem 48 – Caldeira de biomassa. Imagem disponível em http://www.zantia.com/pt/ver_catalogo.asp

Nos edifícios individuais, a madeira é utilizada em sistemas de aquecimento por métodos de radiação. Utilizam-se toros de madeira para alimentar a caldeira, produzindo água quente, que circula pela habitação de diversas formas dependendo do sistema em si. Em locais em que a madeira seja abundante é mais barato instalar e manter estes sistemas do que caldeiras convencionais de petróleo ou gás.

Enquanto o uso de lenha é bastante comum no mundo inteiro, a utilização de briquetes, peletes ouestilha de madeira em caldeiras automáticas, continua a ser uma solução ainda bastante desconhecida, apesar dos seus padrões de eficiência, emissões e conforto. A tecnologia em caldeiras a biomassa fez imensos progressos durante a última década. As emissões decaíram significativamente e a sua eficiência atingiu o mesmo nível das caldeiras a gás ou a fuelóleo. Será denotar, em todo o caso, que existe uma grande variedade de caldeiras disponíveis no mercado. Utilizadores industriais que usem caldeiras a biomassa, para eliminarem os seus resíduos, poderão ter padrões de exigência menores do que o necessário para os sistemas a aplicar em instalações residenciais ou de serviços. A selecção cuidadosa de uma caldeira de elevada qualidade

é um factor essencial para a realização de um projecto com sucesso, num edifício público ou residencial.[53]

3.5.3 Vantagens e desvantagens da Biomassa

Como combustível a madeira contem aproximadamente 80% do valor calorífico de carbono e representa a principal fonte de energia renovável na Europa. Na Dinamarca e Áustria, eficientes estufas de lenha geram cerca de 40% do aquecimento doméstico e na Finlândia 20% da produção de energia é derivada da madeira. Para ser utilizada como combustível a madeira comercializa-se em forma de troncos, lascas e serrim comprimido. Tendo em conta que as florestas são um recurso renovável e que devolvem oxigénio para a atmosfera, constituem um elemento fundamental em qualquer estratégia a favor do desenvolvimento sustentável.

Imagem 49 – Central de biomassa de Mortágua. Imagem disponível em http://www.purificadora.pt/index.php?module=casestudies&submodule=show&id=6

[53] **Anders Erald, Christian Rakos, Cláudia Mendes, Fredrik Lagergren, Jeppe Bjerg e Teresa Almeida.**(2002), Aquecimento a Biomassa em Grandes Edifícios – Aspectos Técnicos Essenciais, Centro da Biomassa para a Energia

Como forma de valorizar as matas e florestas tornando-as economicamente mais atractivas e indirectamente contribuir para a sua limpeza e manutenção. Seria assim uma solução interessante para Portugal, pois indirectamente estaríamos a resolver um outro problema: o dos incêndios.

Este é um argumento que capta facilmente a atenção do público. No entanto, tem algumas falhas. Com efeito, para ser eficaz na prevenção de incêndios, uma central de biomassa deveria consumir preferencialmente matos e outra vegetação existente nas florestas. Este tipo de vegetação é caracterizado por ter grande volume por tonelada, o que implica a recolha e transporte de grandes volumes para um ganho energético suficiente. Todavia, o custo financeiro (e ambiental) de cortar, recolher e transportar este tipo de materiais é incomportável quando estão em causa longas distâncias. Nas condições actuais, a área de influência de uma central de biomassa onde é viável esta exploração encontra-se num raio de cerca de 45 km, os quais não são 100% florestais.[54]

Imagem 50 – Central de biomassa da Carregosa, Oliveira de Azeméis. Imagem disponível em http://www.oazonline.com/?op=artigo&id=1125&mn=38

[54] **Anders Erald, Christian Rakos, Cláudia Mendes, Fredrik Lagergren, Jeppe Bjerg e Teresa Almeida.**(2002), Aquecimento a Biomassa em Grandes Edifícios – Aspectos Técnicos Essenciais, Centro da Biomassa para a Energia

Por outro lado, para assegurar a conservação da biodiversidade apela-se a uma estrutura diversificada das florestas, o que passa por ter alguma presença de matos em diferentes fases de desenvolvimento, estando assim seriamente limitada a disponibilidade de matos para produção de energia.

Este tipo de produção de energia é sem dúvida uma excelente solução mas que deve ser utilizada com moderação e após correcta compreensão do seu funcionamento.[55]

3.5.4 A Biomassa em Portugal

Em Setúbal, concelho de Alcácer do Sal, freguesia do Torrão, a cerca de 70 km do mar, a construção de uma piscina teve como centro das preocupações a redução máxima dos custos de exploração. Foi assim projectado um sistema solar térmico para aquecer a água que utiliza como sistema de apoio uma caldeira de biomassa. Este distrito tem a maior mancha de pinheiro do país, sendo que as escamas da pinha há muito que eram usadas para aquecimento nas escolas. Aliando esta experiência à energia solar conseguiu-se aquecer não apenas o ambiente, mas também as águas da piscina.[13]

[55] **Anders Erald, Christian Rakos, Cláudia Mendes, Fredrik Lagergren, Jeppe Bjerg e Teresa Almeida.**(2002), Aquecimento a Biomassa em Grandes Edifícios – Aspectos Técnicos Essenciais, Centro da Biomassa para a Energia

[13] Noticia disponível na internet em http://www.alentejolitoral.pt/PortalIndustria/ARegiao/Caracterizacaoregional/Paginas/AlcacerdoSal.aspx

Imagem 51 – Piscina de Alcácer do Sal. Imagem disponível em http://vianadoalentejo.blogspot.com/2008_05_01_archive.html

Imagem 52 – Para alem de utilizar uma caldeira de biomassa utiliza também um sistema solar térmico ao qual não conseguimos obter nenhuma imagem. Imagem disponível em http://www.aosol.pt/pt/projecto/9/piscinas-de-alcacer-do-sal/

Os entraves a este tipo de opção colocam-se ao nível do investimento inicial, com a sua manutenção e com a necessidade de existir vigilância do sistema anticongelamento para protecção dos colectores.

3.6 Outras fontes de energia renovável

3.6.1 Pilhas de combustível

Imagem 53 – Pilhas de combustível que utilizam o hidrogénio e o oxigénio para produzir energia para uma habitação. Imagem disponível em http://panasonic.co.jp/ecohouse/en/Energy/index.html

As pilhas de combustível são uma tecnologia emergente que parece capaz de transformar os sistemas de produção de energia. Funcionam de uma forma completamente diferente dos sistemas fotovoltaicos, combustíveis fósseis e as baterias convencionais. As pilhas de combustível têm como base a tecnologia electroquímica e utilizam gás de hidrogénio com oxigénio para produzir electricidade. O combustível de hidrogénio, que se obtêm a partir do gás natural, metanol ou petróleo, é combinado com oxigénio líquido para produzir electricidade, emitindo calor e vapor de água como produto secundário. As pilhas de combustível parecem capazes de produzir electricidade sem emitir CO_2 e impurezas, pelo que esta tecnologia á quase tão imaculada como a fotovoltaica.

Imagem 54 – Pilha de armazenamento de energia compacto que pode armazenar energia de painéis fotovoltaicos. Imagem disponível em http://panasonic.co.jp/ecohouse/en/Energy/index.html

Dentro de alguns anos as pilhas de combustão de hidrogénio podem ser utilizadas numa ampla gama de aplicações, desde o transporte urbano á iluminação de edifícios. Em vez de se produzir CO_2 as pilhas de combustão produzirão dióxido de hidrogénio, que quer dizer, água.[56]

[56] **Farinha, J. ; Serpa, L.; Mendes, T.** (1996), A Sustentabilidade Ambiental em Planeamento Urbano de Pormenor, Actas da V Conferência sobre a qualidade do Ambiente, Universidade de Aveiro.

3.6.2 Biocombustíveis

A biomassa procedente de cultivo específico ou de resíduos (municipais, agrícolas ou florestais) constitui também uma fonte de energia renovável cada vez mais utilizada. Os cultivos direccionados para a energia vão diversificar a agricultura que por sua vez promovem a ecologia da paisagem. Os combustíveis vegetais produzem energia através da fermentação que gera metano e o de combustão gera calor. Como tendem a produzir-se localmente a partir do cultivo de resíduos, a obtenção de energia a partir da biomassa só pode ser realizada em centrais "comunitárias" ou no próprio edifício. A forma mais simples de explorar os combustíveis vegetais é por meio de estufas de lenha, mas também se utilizam plantas locais de coogeração de calor e electricidade, que aproveitam o calor residual que se produz ao gerar electricidade para abastecer a rede urbana de aquecimento e com menos frequência em unidades industriais que aproveitam as altas temperaturas que produz a combustão de gás. A integração de combustíveis vegetais produzidos localmente a plantas de coogeração de calor e electricidade e os edifícios configuram um sistema que não compromete o futuro do meio ambiente.[57]

Imagem 55 – Cultivo direccionado para a produção de biocombustível. Imagem disponível em http://www.matternetwork.com/2008/2/is-biofuel-a-red-herring.cfm

[57] **Farinha, J. ; Serpa, L.; Mendes, T.** (1996), A Sustentabilidade Ambiental em Planeamento Urbano de Pormenor, Actas da V Conferência sobre a qualidade do Ambiente, Universidade de Aveiro.

3.7 A importância da inovação tecnológica para o arquitecto

No que diz respeito ao arquitecto as tecnologias energéticas podem ser divididas em dois grupos: novas formas de produção de energia e melhores aplicações das existentes. A primeira inclui as energias renováveis, pilhas de combustão de hidrogénio e a biomassa. O segundo pretende obter maior eficiência das fontes de produção de energia existentes (energias de origem fóssil como as energias renováveis) através de um projecto de maior qualidade (desde a orientação do edifício ao isolamento) e de uma melhor gestão do edifício (instalação de caldeiras e pré-instalação ou instalação de sistemas radiantes). Antigamente o arquitecto e o engenheiro tinham como objectivo melhorar a eficiência e o consumo de energia, mas na actualidade o interesse se centra cada vez mais na possibilidade de gerar energia no próprio edifício. Por isso prevê-se que no futuro muitos edifícios sejam convertidos em produtores de energia em vez das grandes centrais eléctricas que se tornam pouco eficientes. Os avanços na tecnologia para gerar electricidade a partir de painéis fotovoltaicos e microgeradores eólicos significa que os edifícios iram contribuir de forma importante a satisfazer as necessidades nacionais de energia.[58]

[58] **Edwards, Brian.** Guía básica de la sostenibilidad. 2ª ed. 2005 Editorial Gustavo Gili, SL.

3.8 Conclusão do capítulo

Neste capítulo foram apresentados os sistemas de produção de energia e aquecimento.

O objectivo era fazer um levantamento dos sistemas existentes no mercado onde muita das vezes o arquitecto recolhe a sua informação. Recolhida a informação ela foi analisada e sintetizada com elementos relevantes para o desenvolvimento da arquitectura.

Os sistemas de produção de energia ainda não são capazes de produzir energia suficiente para alimentar uma habitação individualmente. É necessário por isso duplicar o sistema adoptado ou escolher outros sistemas que podem funcionar como apoio. Sabendo que no caso da energia solar, este sistema só produz energia durante o dia. À noite a utilização de outro método pode equilibrar esta falta. A energia pode também ser armazenada mas o seu custo é ainda muito elevado e de duração reduzida. Os próprios sistemas de produção de energia são muito elevados sendo o retorno do investimento muito longo no caso de uma habitação.

Os sistemas de produção de aquecimento permitem reduções do consumo de energia bastante elevado. O aquecimento pode ser das águas como do ambiente interior. Apesar de contribuírem para uma redução do consumo de energia, muito destes sistemas consomem energia. Outros conseguem produzir energia e aquecimento combinados. Mesmo existindo um sistema que produza energia e aquecimento deve-se, sempre que possível adoptar sistemas diferentes, alternando o funcionamento para produzir a energia necessária. A possibilidade de funcionarem alternadamente deve-se ao facto de um estar em funcionamento durante o dia e o outro á noite, sempre que possível.

Como cada sistema tem as suas características técnicas e métodos de funcionamento diferentes o trabalho do arquitecto deve adoptar o mais cedo possível a adopção destes sistemas na fase de projecto. O leque de opções é grande com um grande número de sistemas em fase de teste que nos próximos anos poderão surgir no mercado

Defendemos por isso que a função do edifício a projectar tenha influência no sistema energético a adoptar. No caso de ser uma habitação, os sistemas de aquecimento são os mais aconselhados. A habitação pode ser aquecida durante o dia na ausência dos seus utilizadores para que no regresso à sua habitação no final do dia encontrem uma temperatura ambiente confortável sem recorrerem ao consumo de energia. Sendo estes sistemas, regra geral, dependentes da luz solar não irão produzir aquecimento durante a noite mas ela pode ser armazenada durante o dia para que

possa ser libertada no período nocturno para a manutenção da temperatura. No dia seguinte o processo irá ser repetido. Se for adoptado a utilização de algum sistema de produção de energia recomendamos a escolha de sistemas que possam funcionar durante o período nocturno como é o caso da energia eólica ou a biomassa. A possibilidade de estes sistemas poderem funcionar durante a noite pode compensar pelo facto dos sistemas de aquecimento solares não estarem em funcionamento. A biomassa como as bombas de calor pode gerar aquecimento durante a noite.

No caso de o programa ser um escritório, por exemplo, para além da utilização de sistemas de aquecimento é aconselhado também a adopção de sistemas de produção de energia. A energia fotovoltaica pode ser uma boa escolha pelo facto de produzir energia eléctrica no período em que o edifício precisa dela durante o dia. Outras variáveis podem ser utilizadas como a eólica, que pode ser aproveitada, no caso de ser um edifício em altura, a partir dos ventos ascendentes provocados pelo próprio edifício.

Estes são dois pequenos exemplos de como a função do edifício pode direccionar a escolha dos sistemas a adoptar. No que se refere também á função podemos encontrar mais uma variável que se prende com a duração que o equipamento vai ter. Numa habitação de férias, por exemplo, por motivos de uso não é uma mais-valia a utilização de painéis solares para o aquecimento. Podemos considerar a sua aplicação como desperdício energético. A instalação de painéis fotovoltaicos ligados á rede publica pode ser uma possibilidade visto estar a vender energia á rede enquanto que no período em que a habitação está a ser utilizada pode voltar para o consumo interno. Em locais remotos esta pode não ser a melhor opção com custos de ligação da habitação á rede pública. Os sistemas combinados (aquecimento e energia) são os mais indicados por tornar a habitação auto-suficiente no que diz respeito á energia. A biomassa é no nosso entender a solução mais interessante providenciando o edifício de aquecimento e energia quando está a ser habitado.

A imagem do edifício pode também sofrer transformações para que os sistemas de produção de energia funcionem correctamente. Em alguns casos o facto de se assumir a utilização das energias renováveis confere-lhe uma imagem tecnológica e amiga do ambiente. Mas por outro lado temos as bombas de calor são uma solução interessante no que diz respeito ao impacto visual que provocam na arquitectura. A geotermia e a aquatermia são soluções invisíveis visto encontrarem-se debaixo do chão ou de água. Os elementos técnicos inerentes destes sistemas obrigam à criação de um pequeno espaço técnico para a implementação dos equipamentos. Esta área técnica não só é necessária com as bombas de calor, como em qualquer outro sistema de produção energético. Com a necessidade de uma habitação produzir aquecimento e energia pode levar á criação de uma nova divisão para albergar as componentes eléctricas e térmicas.

4 Aplicação a estudo de caso em projectos de arquitectura

4.1 Introdução

Neste capítulo iremos apresentar casos práticos onde foram implementados sistemas de produção de energia.

Pretende-se deste modo, garantir que o arquitecto tenha conhecimento sobre as formas de produzir energia para que durante as fases de concepção e tomada de decisão, seleccione a melhor ou melhores formas de produzir energia solucionando possíveis conflitos.

Durante esse processo de escolha da energia mais relevante para o edifício são equacionados vários elementos. O uso ou função, energias possíveis na zona de implantação e reutilização do desperdício provocado pelo edifício contribuindo para a "reciclagem" de si próprio. Este último ponto está relacionado com o primeiro ponto (uso ou função).

O método de análise dos exercícios apresentados é diferente.

No primeiro caso, é apresentado juntamente com o edifício um texto pelo qual a equipa de arquitectos se baseou para defender os princípios de sustentabilidade da sua proposta.

A análise da forma como incorporaram os sistemas de produção de energia no edifício encontra-se no final do capítulo.

O segundo caso em análise é uma espécie de conclusão da dissertação.

Neste projecto a energia é vista como a base teórica para o desenvolvimento de todo o edifício. Ele emprega diferentes formas de produção de energia relacionando-as entre si, transformando uma complexidade de produção e partilha num todo coerente e sustentável. Os esquemas apresentados encontram-se sem nenhuma alteração onde são apresentadas traduções dos textos em inglês. Procurou-se com isso manter a proposta como ela é apresentada pela equipa projectista e no final do capítulo iremos tecer as conclusões do exercício prático.

4.2 Aplicação a estudo de caso

4.2.1 Apresentação da proposta *SA54 Zero*

Neste ponto iremos apresentar o texto justificativo e critico apresentado pelo gabinete S'A arquitectos com o título Luxo é Lixo.

Luxo do Lat. Luxu s. m., ostentação ou magnificência; ornamento; decoração faustosa; viço; vigor; esplendor; capricho; extravagância;

Lixo do Lat.lixiu ou lixu s. m., todo o tipo de material desnecessário não aproveitável ou indesejado, originado no processo de produção e consumo de produtos úteis; tudo o que se retira de casa ou de qualquer lugar para o tornar limpo; sobras; detritos; cisco; sujidade; imundície; fig., coisas inúteis.

"We drive into the future using only our rearview mirror."[18]

As épocas de transição - de século e especialmente de milénio - sempre foram épocas conturbadas e radicais. Por um lado, grupos extremistas vivem numa ilusão apocalíptica. Por outro, a sociedade, mais ponderada e conservadora, passa por transformações revolucionárias que colocam a sua própria existência em causa. Assistimos ao fim do modelo de estabilidade devido às mudanças de paradigmas sociais e energéticos, e a globalização ideológica, cultural e comercial inicialmente imposta por um modelo ocidental - é revista e actualizada pela transmutação oriental que questiona as opções tomadas pela urbanidade do último século. É altura de então perguntar que modelo de crescimento queremos e à conta do esgotamento de que recursos. É desde logo necessário separar o conceito de crescimento económico de consumo material.

[18] *Marsh all McLuhan. Filósofo Canadiano, Futurista e Fundador dos Media Studies*

A nossa procura já nos levou a ultrapassar a capacidade própria de regeneração, começando a canibalizar recursos externos. A nossa dependência da importação de bens de consumo -comida, automóveis, roupa, tecnologia, etc. - e de fontes energéticas - petróleo, gás natural, electricidade, etc. - têm como consequência a exploração de recursos em outro lado, escondendo assim as evidências da nossa voracidade.

O Luxo é extravagância, entendido como capricho ou singularidade. As torneiras douradas ou a pedra importada de Itália made in Estremoz são caprichos dos novos-ricos bacocos e os gadgets tecnológicos da aspiração central ou o frigorifico-que-fala como esquisitice dos tecno-bimbos. Necessidades inventadas pelo apetite da nossa sociedade de consumo. No entanto existem outras extravagâncias com o potencial de se tornarem rotina no futuro próximo. Eco-tecnologia. Arquitectura Sustentável. Reciclagem. Posturas optimistas face a uma realidade pessimista, onde o Lixo é uma realidade que não podemos esconder. É uma concepção humana, fruto da nossa actividade quotidiana e que não existe na natureza, onde os desperdícios não se acumulam mas transformam-se em substracto orgânico ou material inerte.

A ambiguidade entre Luxo e Lixo é explorada de modo critico. O Luxo é desnecessário, e como tal transforma-se em Lixo. O Lixo é consequência inevitável da nossa sociedade de consumo, tornando-se um Luxo quando não o reciclamos ou reutilizamos. É deste jogo de palavras que partimos para uma definição de Luxo, ou melhor, de uma valorização e novo entendimento de Lixo.

Imagem 56 – Luxo é lixo. Imagem retirada de http://www.sa-arquitectos.com/proj_pt/proj_54_1_pt.html

É nesta leitura da postura ecológica do arquitecto, actualmente vista como uma excentricidade ou como um devaneio de desenho, que devemos apostar, incentivar e propor na nossa rotina diária de trabalho. Porque preferimos projectar uma cidade pouco eficaz? Para evitar olhares de censura? Uma postura cómoda de ter o menor trabalho possível? Não sei, mas é urgente repensar a nossa atitude...

"The city is not the problem. The city is the solution"[19]

Numa era onde cada vez mais o mote é think global, act local, a capacidade logística de colocar em prática acções propositivas é um factor determinante para o sucesso e crescimento das cidades, e para a conquista do seu lugar no competitivo mundo globalizado. A cidade é a solução para um melhor ambiente, para melhores transportes, para melhor educação, para melhor serviço de saúde, melhor assistência infantil, melhor cultura, etc. Se não olharmos para a cidade como um problema, encontramos uma potencial solução. É aqui que conseguimos dispor e materializar os mais variados recursos necessários a uma gestão eficiente da problemática ecológica, através de um entendimento das vantagens de concentração e densidade dos mais variados actores. Qual é então a nossa capacidade de mudar, de entender a cidade como entidade articuladora de necessidades distintas, potenciadora de um crescimento sustentado?

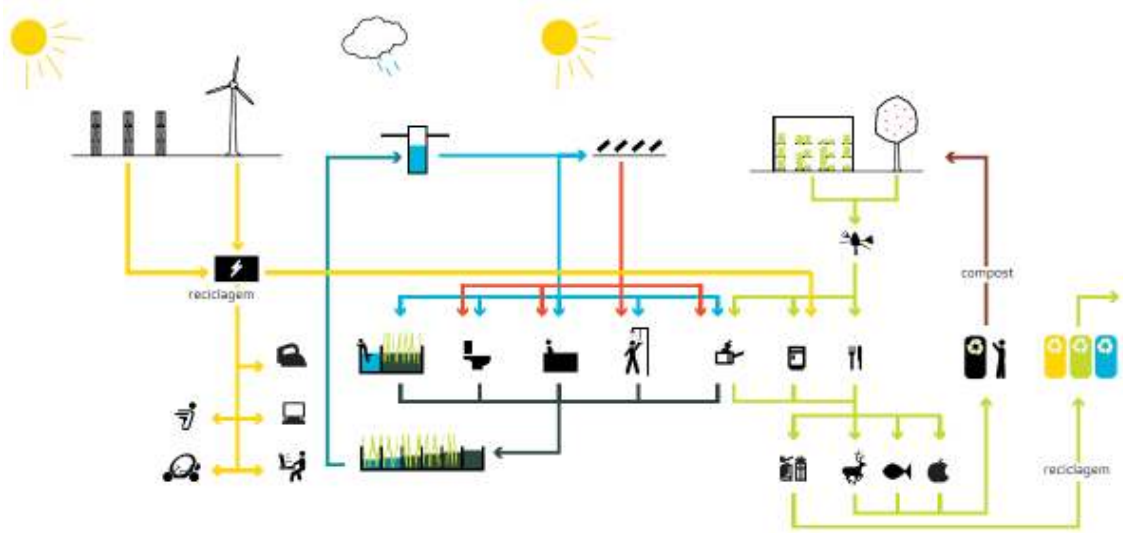


Imagem 57 – Esquema funcional da distribuição da energia desde a sua produção ao uso. Imagem retirada de http://www.sa-arquitectos.com/proj_pt/proj_54_1_pt.html

[19] Jaime Lerner. Arquitecto e Urbanista Brasileiro.

"The city needs a car like a fish needs a bicycle."[20]

Proteger o ambiente não implica reduzir o crescimento económico e um olhar atento a exemplos que nos chegam dos mais variados pontos do planeta tornam-nos conscientes de que pensar sustentavelmente é sinónimo de aumentar o leque de oportunidades e ampliar o potencial de cada cidade ou região. No entanto, estamos conscientes que o nosso modelo de crescimento assenta numa economia de consumo sem qualquer tipo de critério ou de controle. Como fazer então a transição para uma sociedade mais justa e para um estilo de vida mais sustentável? Os centros urbanos tornaram-se hoje a mais importante evidência desta nova realidade territorial onde cerca de 80% será urbana num futuro próximo. Neste contexto, a cidade, outrora vista como a pior das possibilidades é hoje a solução.

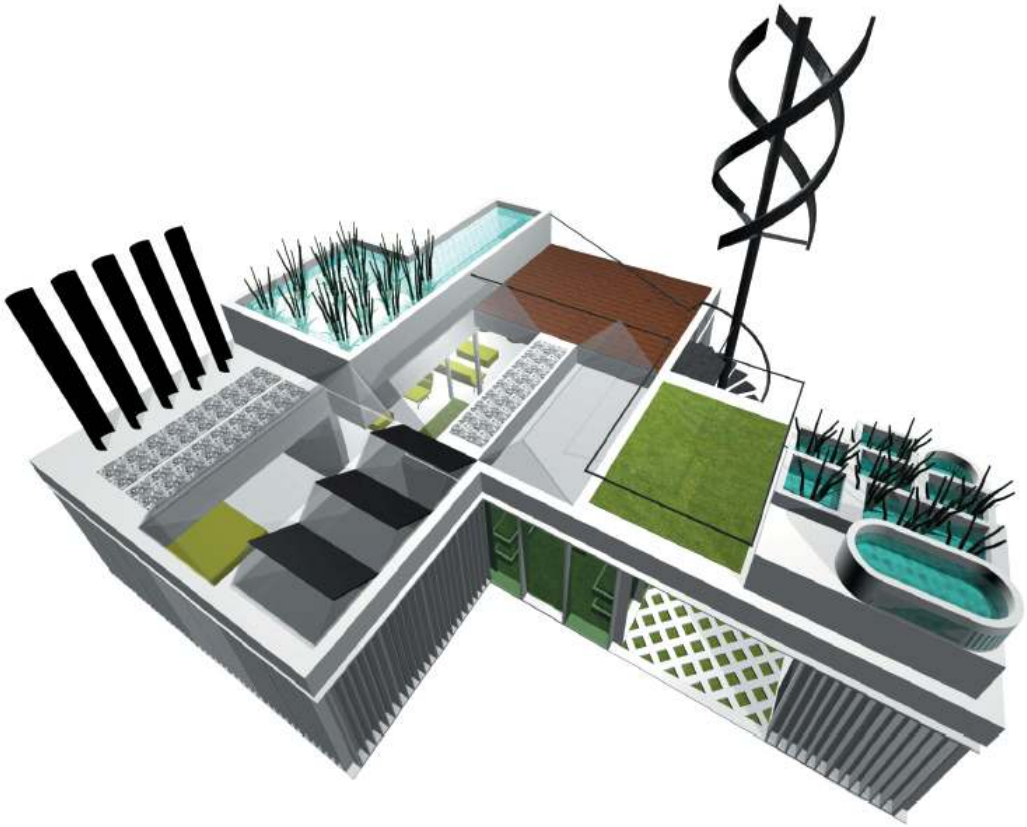


Imagem 58 – 3D da proposta da Habitação. Imagem retirada de http://www.sa-arquitectos.com/proj_pt/proj_54_1_pt.html

[20] Dean Kamen, Empresário e Inventor do Segway e do Ibot.

A principal causa desta situação é a existência de uma fonte de energia relativamente barata. O petróleo e outros combustíveis fósseis permitem esta matriz de desenvolvimento mas tornam a nossa posição bastante vulnerável às flutuações reais ou especulativas do mercado mundial pois importarmos cerca de 86% da energia que consumimos, com as consequências ambientais desastrosas do não cumprimento do protocolo de Kyoto. torna-se assim urgente redesenhar este modelo através de uma mudança de paradigma de crescimento por um paradigma de sustentabilidade. Temos que repensar o conceito de consumo. O principal objectivo passa pela reeducação da sociedade perante o desperdício e a consequência que têm na pegada ecológica da cidade. Temas como a reutilização das águas, o aproveitamento energético, permacultura, compostagem e reciclagem de resíduos tornam-se assuntos da nossa rotina diária.

A proposta SA54 Zero irá utilizar apenas energia geradas a partir de fontes renováveis geradas on site, sendo uma unidade com Zero Emissões de dióxido de carbono para a atmosfera e com Zero Energia, não consumindo mais energia do que a que consegue produzir, provando que se pode construir sem degradar o ambiente. SA54 Zero é um sistema de módulos de permanência temporal. Composto por um variado catálogo de opções espaciais -Made in Portugal, esta casa é adaptável e customizável às diferentes necessidades de cada local -espaço, exposição climatérica e solar- com a capacidade de se tornar auto-suficiente em termos energéticos e alimentares, sendo totalmente independente das flutuações imprevisíveis do mercado e do clima. Não será este o último grande Luxo a que podemos aspirar?

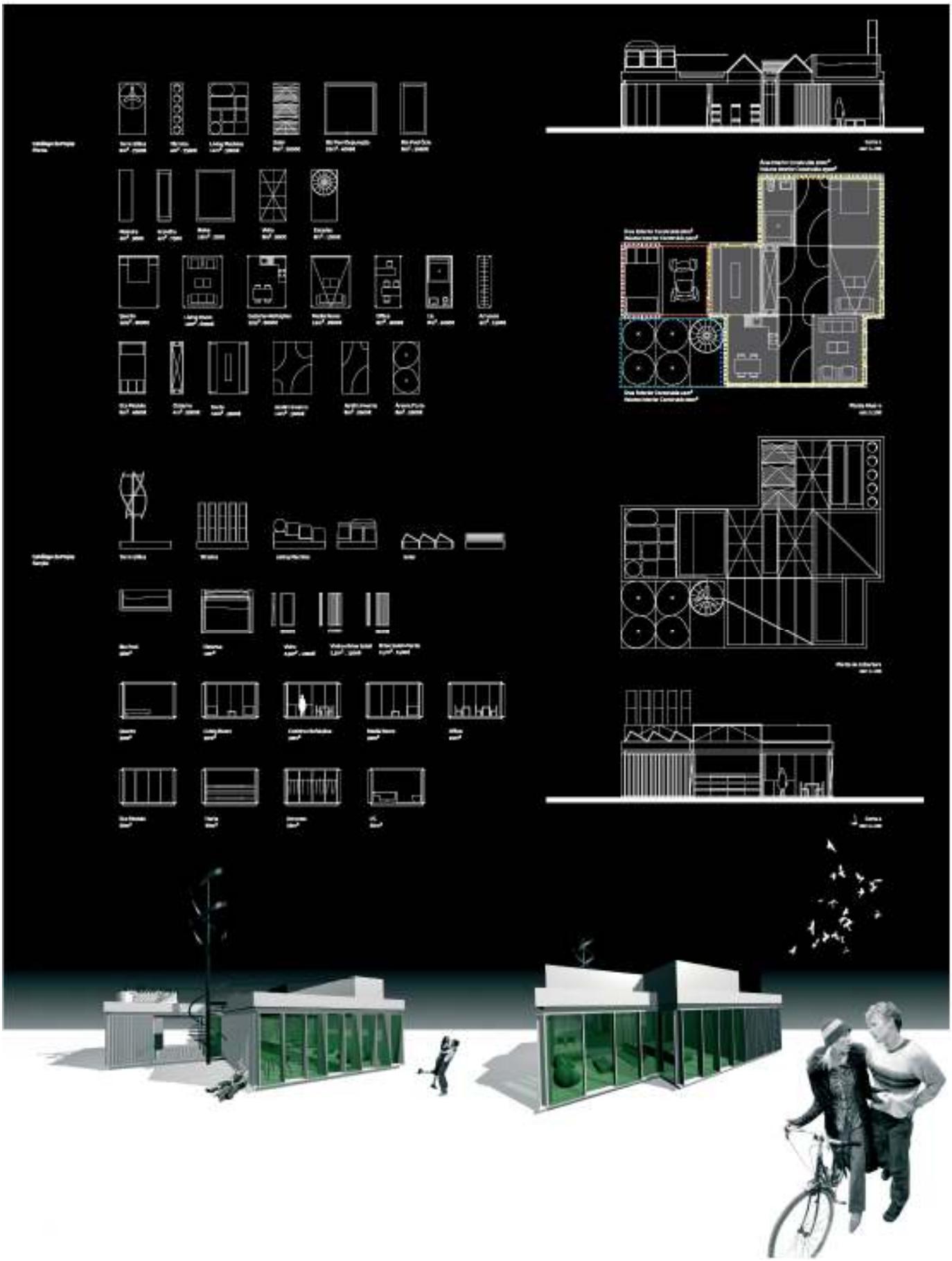


Imagem 59 – plantas, cortes e alçados da proposta com imagens 3d perspectivadas. Imagem retirada de http://www.sa-arquitectos.com/proj_pt/proj_54_1_pt.html

4.2.2 *Analise da proposta SA54 Zero*

O caso apresentado SA54 ZERO é uma habitação unifamiliar que incorpora em si um conjunto de sistemas de produção de energia e aquecimento que visam proteger o meio ambiente.

O carácter modelar da proposta confere-lhe uma utilização limitada no tempo. No entanto, no seu processo construtivo podemos ter uma redução do tempo de construção, o que por sua vez reduz o consumo de energia. Os materiais adoptados podem ser reciclados podendo mesmo a habitação com o tempo vir a ser reciclada contribuindo para uma reutilização de materiais preservando assim a exploração de materiais naturais. Este sistema modelar que permite ser adaptável a qualquer terreno obriga a um rigoroso controlo sobre componentes técnicos da gestão energética do edifício.

Criar uma regra para o sistema estrutural permite a modelação e adaptabilidade dos sistemas construtivo. Mas este facto não pode ser tido em conta sem um rigoroso estudo sobre os sistemas de produção de energia. Assim como o sistema construtivo é desenvolvido pelo arquitecto juntamente com outras equipas técnicas, os sistemas energéticos devem ter o mesmo rigor por parte do arquitecto.

Além disso como podemos ver na solução apresentada, não foi utilizado um sistema energético mas sim um conjunto diversificado de sistemas que se complementam entre si. Uma boa organização espacial permite ganhos directos do sol, assim como sistemas de ventilação para o arrefecimento do ar ou renovação do mesmo. Os sistemas de aquecimento e produção de energia surgem como complemento permitindo que seja auto-suficiente e utilizando somente fontes de energia renováveis geradas no local. Conforme o local de implantação podem ser escolhidas diferentes formas de produção de energia. "Think global, act local".

4.2.3 Apresentação da proposta Little Denmark

Neste segundo caso em análise iremos apresentar os conceitos e esquemas apresentados pelos próprios arquitectos.

O projecto tem o nome de "Little Denmark" e foi desenvolvido pelo gabinete BIG (Bjarke Ingels Group) com a colaboração dos PLOT, JDS, JOERGEN e LOGSTRUP. Ainda em fase de estudo este edifício foi projectado para Derestad, na Dinamarca.

"Bjarke Ingels (Big) acredita que, os problemas ambientais de hoje não são políticos, económicos nem mesmo ecológicos - eles são simplesmente um desafio do projecto! Nós projectamos "HySociety", um bloco super urbana que contém uma secção transversal da Dinamarca que se resume á vivencia e ao trabalho, fixando 1500 pessoas em que todas as tecnologias ambientais disponíveis actualmente estão sendo implantadas na forma mais rentável. HySociety é um tubo de ensaio a demonstrar que a sustentabilidade não é uma questão de ficção científica e que cada programa de reivindicações à sua posição ideal no todo. O local ideal foi determinado pela orientação solar, adjacências urbana, proximidade de vizinhos simbiótica e requisitos para o acesso, escala, luz solar, vistas etc."

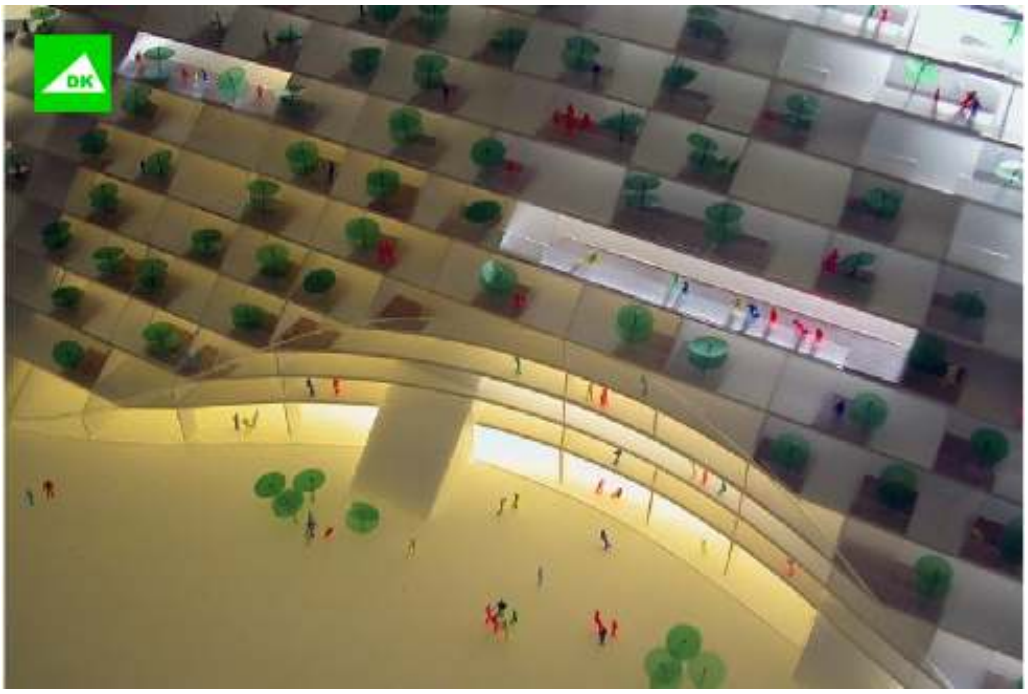


Imagem 60 – Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

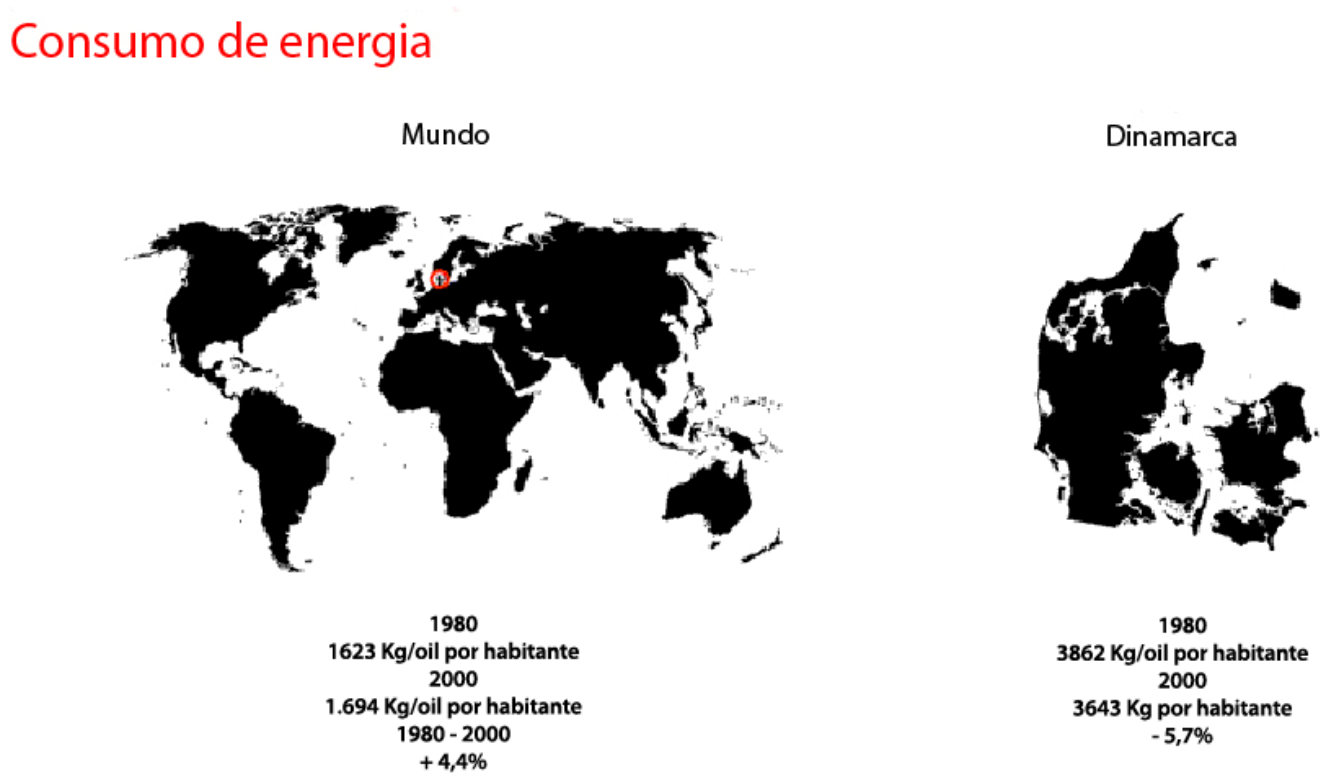


Imagem 61 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Enquanto que no mundo o consumo de combustíveis foceis está a subir, na Dinamarca esse consumo tem diminuído. A esse facto não corresponde ao facto de se consumir menos energia.

Imagem 62 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

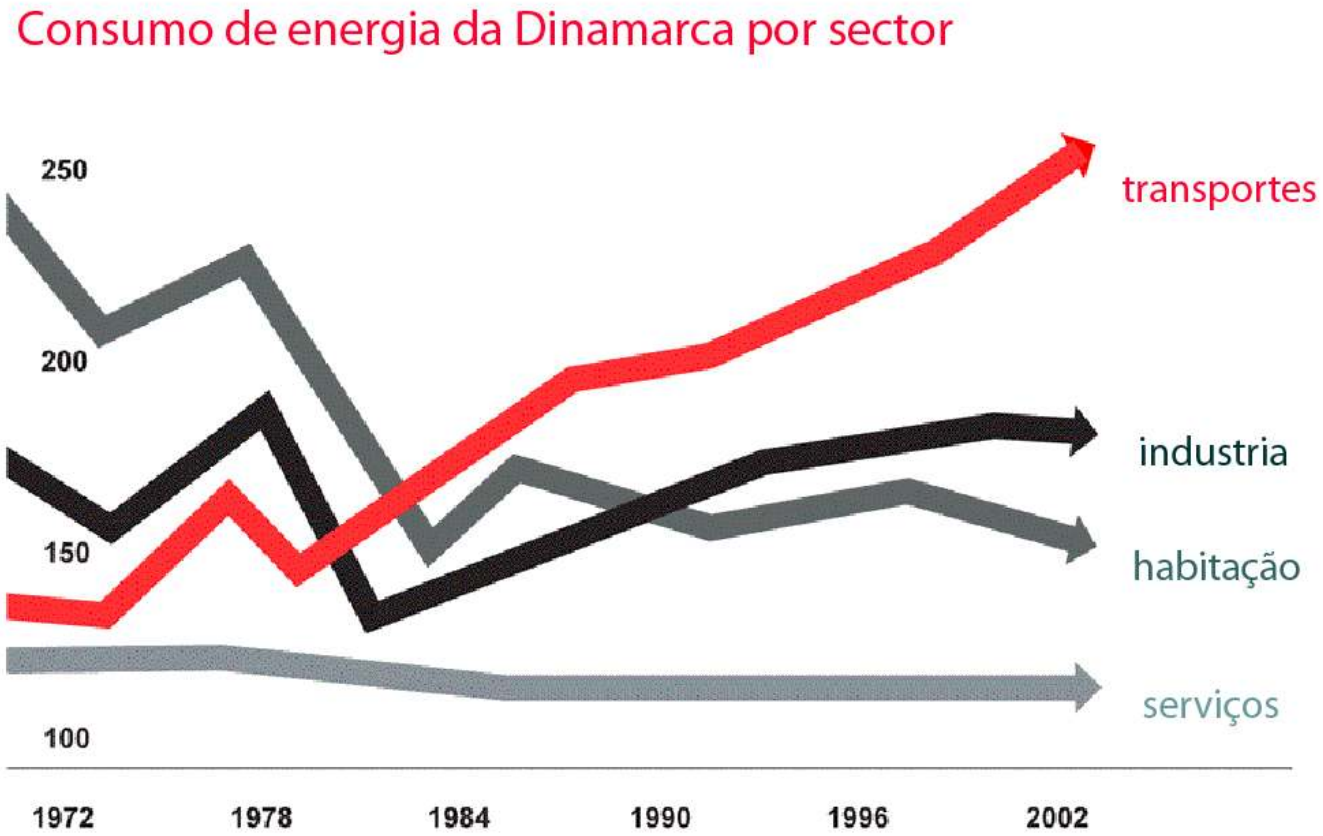


Imagem 63 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

O consumo de energia distribui-se pelos transportes, industria, habitação e serviços.

Imagem 64 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Imagem 65 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Imagem 66 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Imagem 67 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

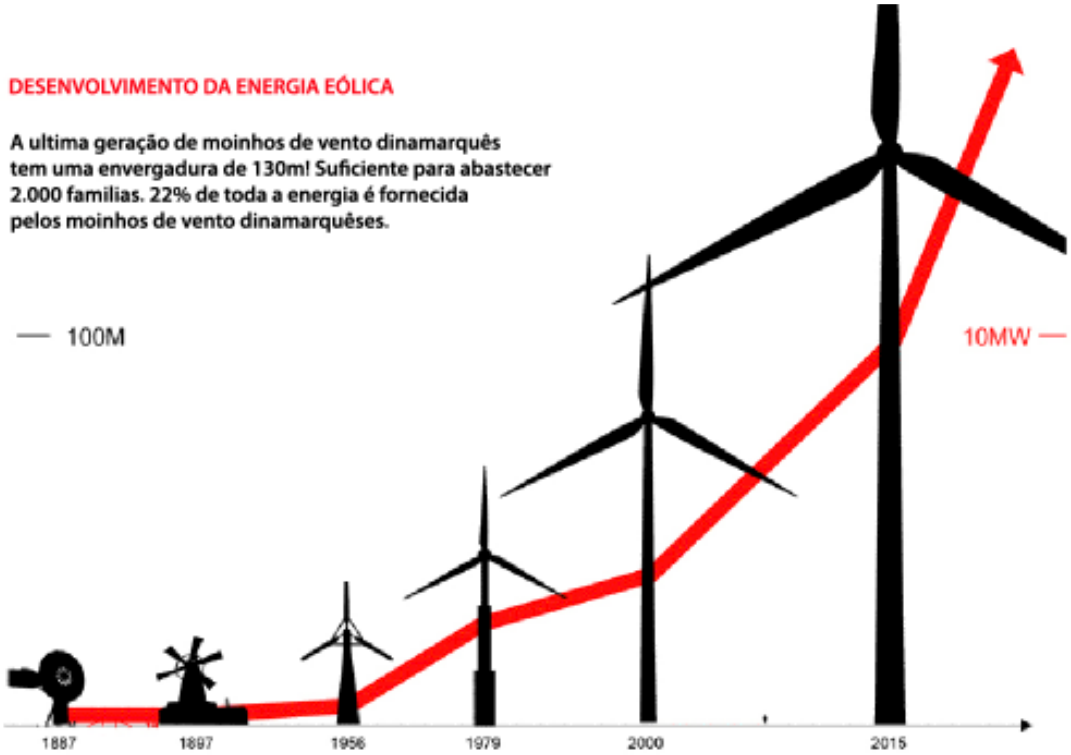


Imagem 68 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

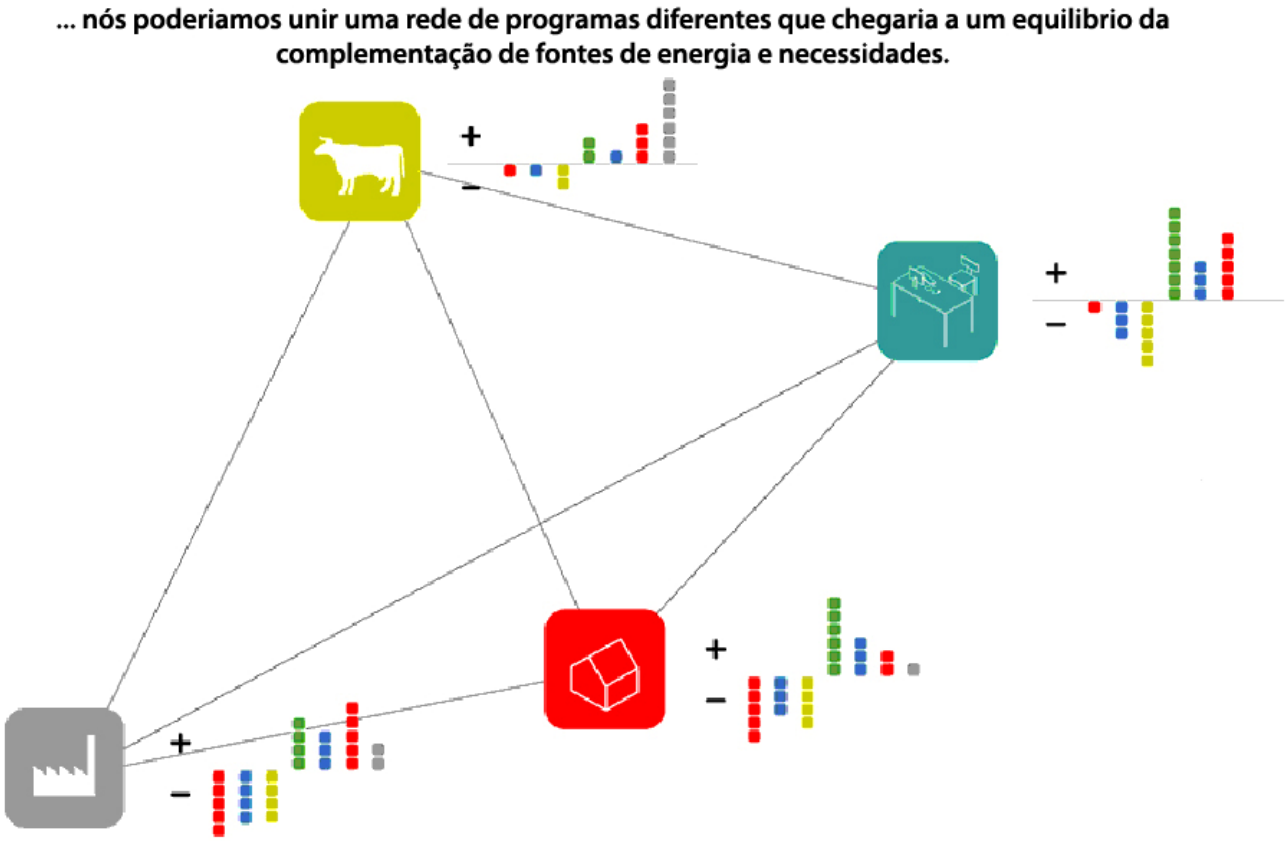


Imagem 69 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

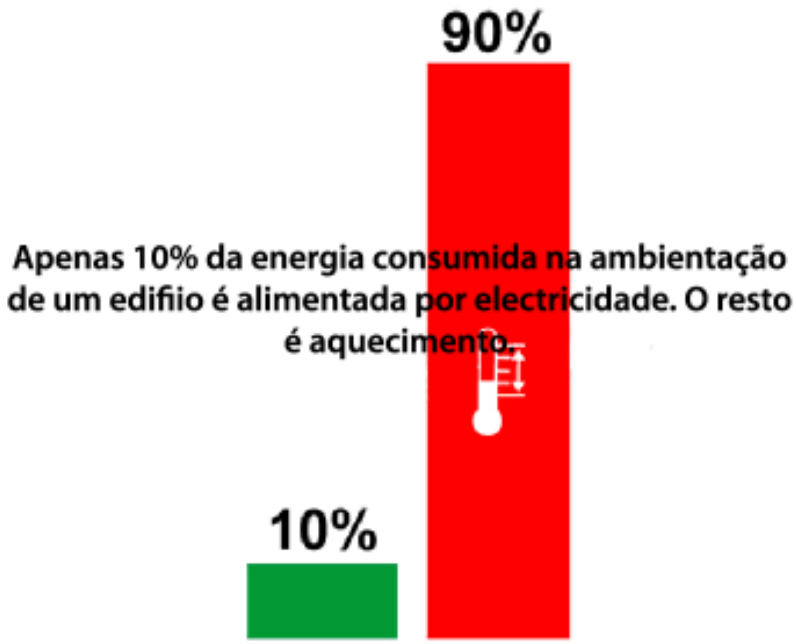


Imagem 70 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

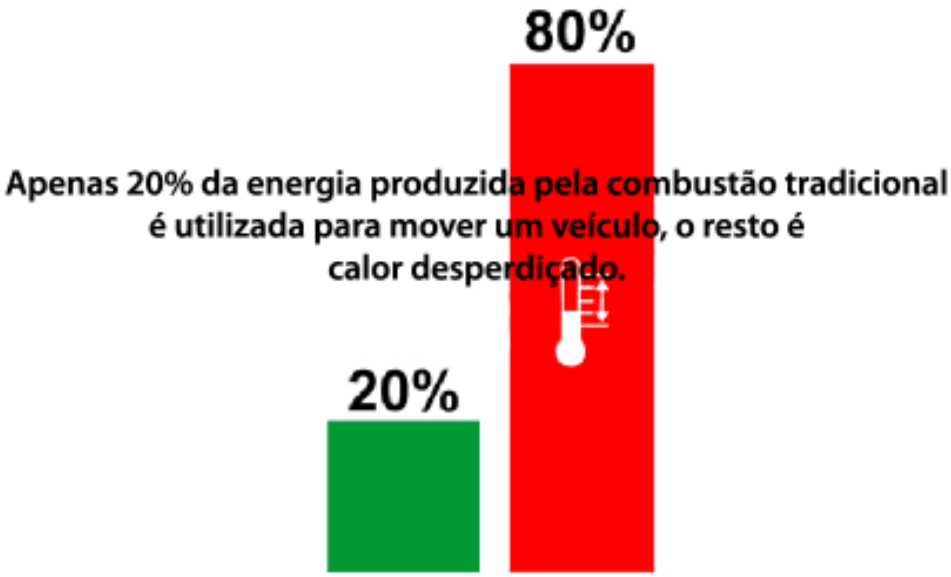


Imagem 71 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

TRANSPORTES DE ESTRADA SÃO O DEMÓNIO NO NOSSO CONSUMO DE ENERGIA.

DEVEMOS PARAR DE COMUTAR?

OU VAMOS CRIAR UMA SOCIEDADE QUE ACEITA O FACTO DE QUE NÓS PRECISAMOS DE UNIDADE?

Imagem 72 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

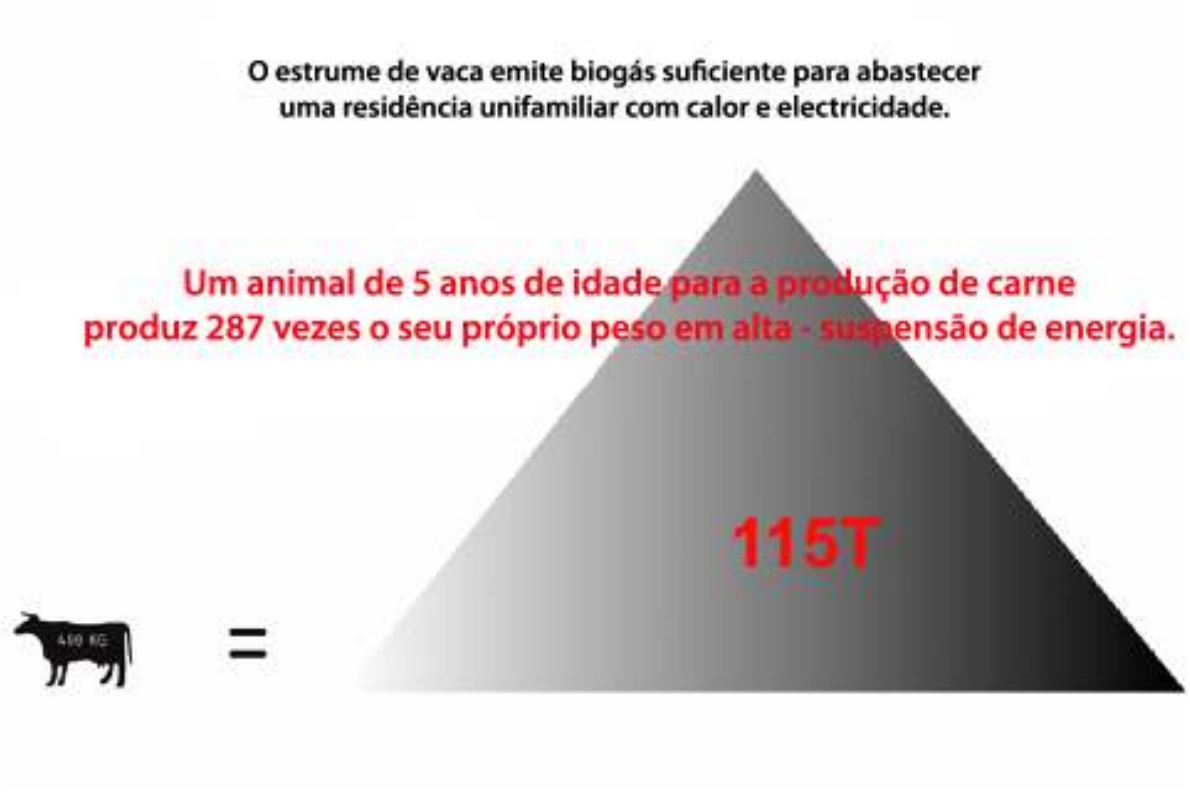


Imagem 73 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Imagem 74 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

"Gastamos mais energia do que a que utilizamos. Em termos económicos o desperdício é inútil. Em energia não há desperdício! Poderíamos projectar um ecossistema onde todo o "outup" é alimentado de volta no circuito como entrada?"

"A quantidade de desperdício de energia é superior ao consumo total de energia. Como é que vamos utilizar a energia de resíduos?"

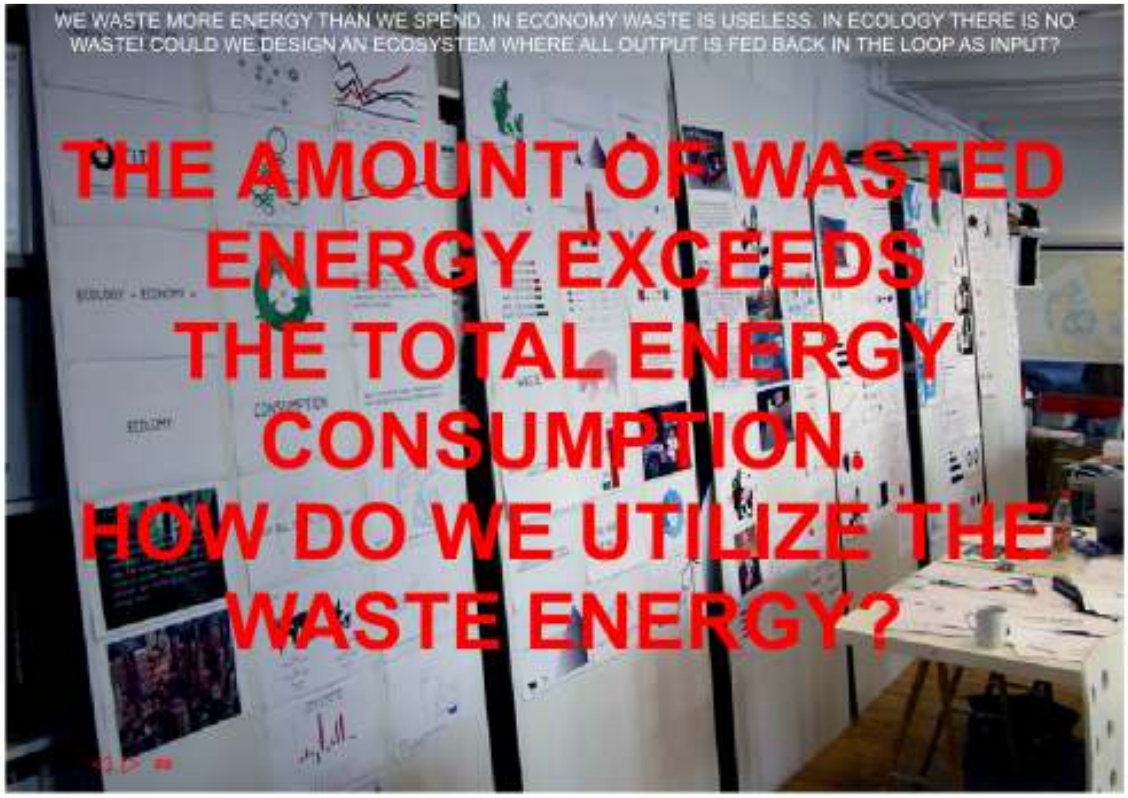


Imagem 75 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

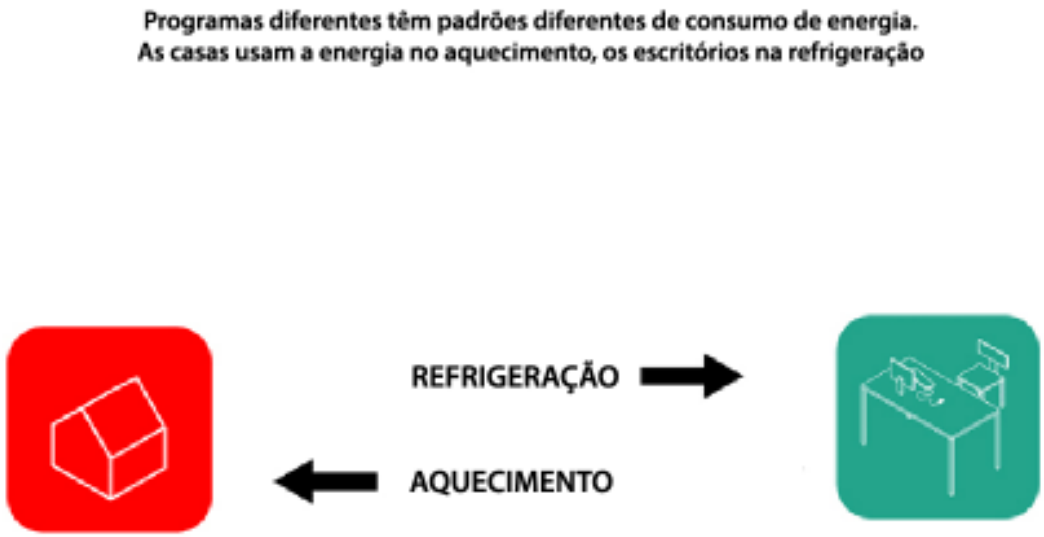


Imagem 76 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

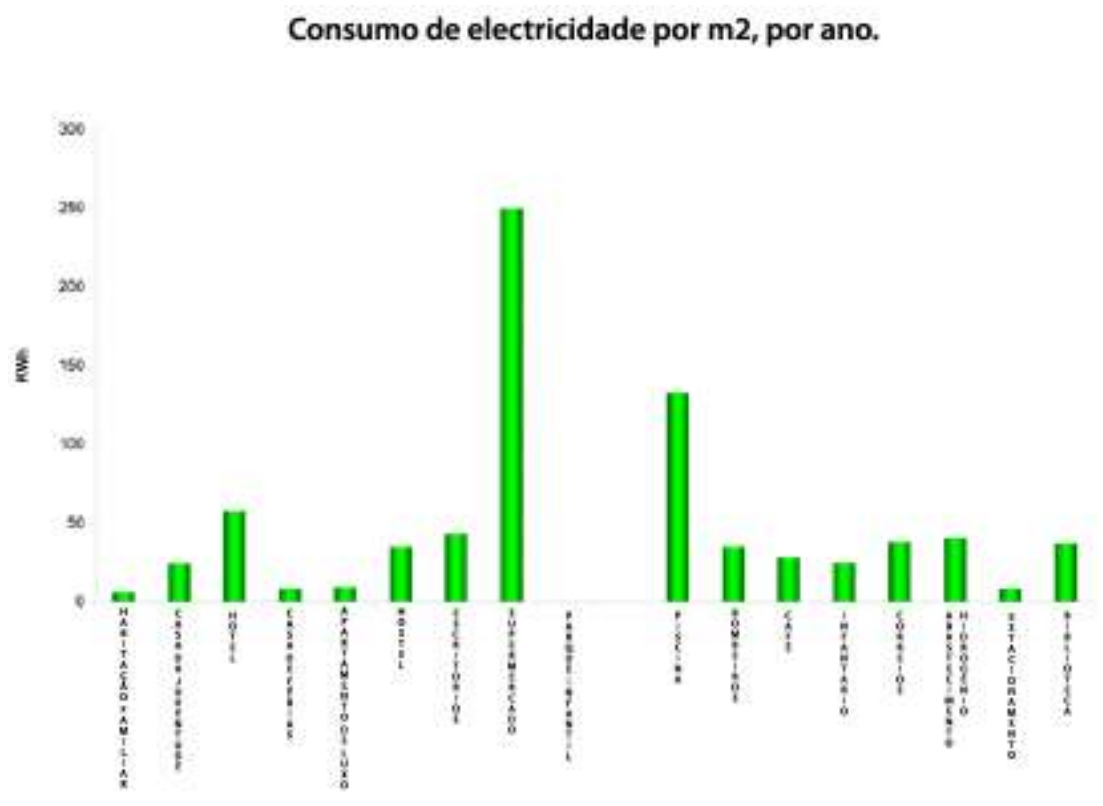


Imagem 77 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

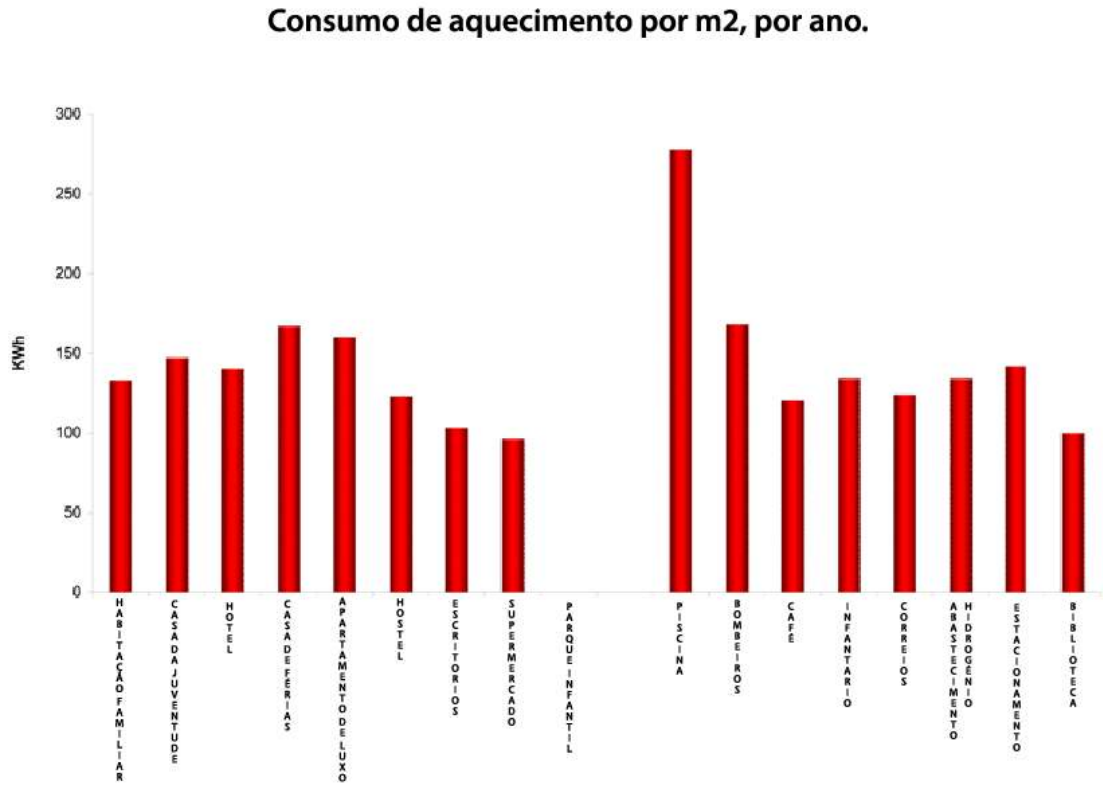


Imagem 78 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

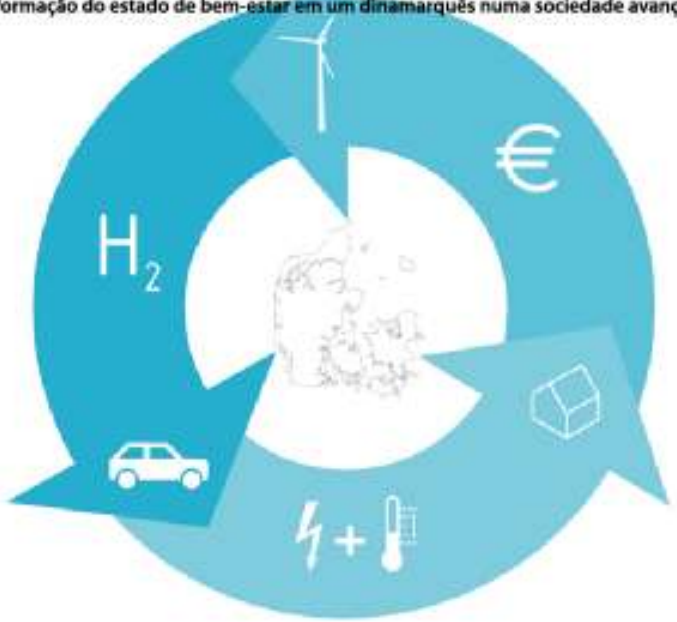
Imagem 79 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Imagem 80 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Imagem 81 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Imagem 82 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Nós traçamos um circuito de electricidade, calor, água, oxigénio e hidrogénio no seu caminho através de diferentes programas. Todas as saídas são automaticamente redireccionadas para onde são necessários. Todos os recursos em excesso são levados para a central de hidrogénio, onde H2O é dividido em H2 e O2. O calor resultante é usado para água quente e o hidrogénio para abastecer os carros. Para desencadear uma sociedade baseada no hidrogénio uma massa crítica de consumidores de hidrogénio são necessários. De acordo com a GM um mínimo de 500 usuários por dia de uma estação de abastecimento de hidrogénio é necessário a fim de tornar o preço do hidrogénio competitivo como diesel. Este é o número exacto de carros usuários no mini bloco DK. Este poderia ser o primeiro passo para a transformação do estado de bem-estar em um dinamarquês numa sociedade avançada".



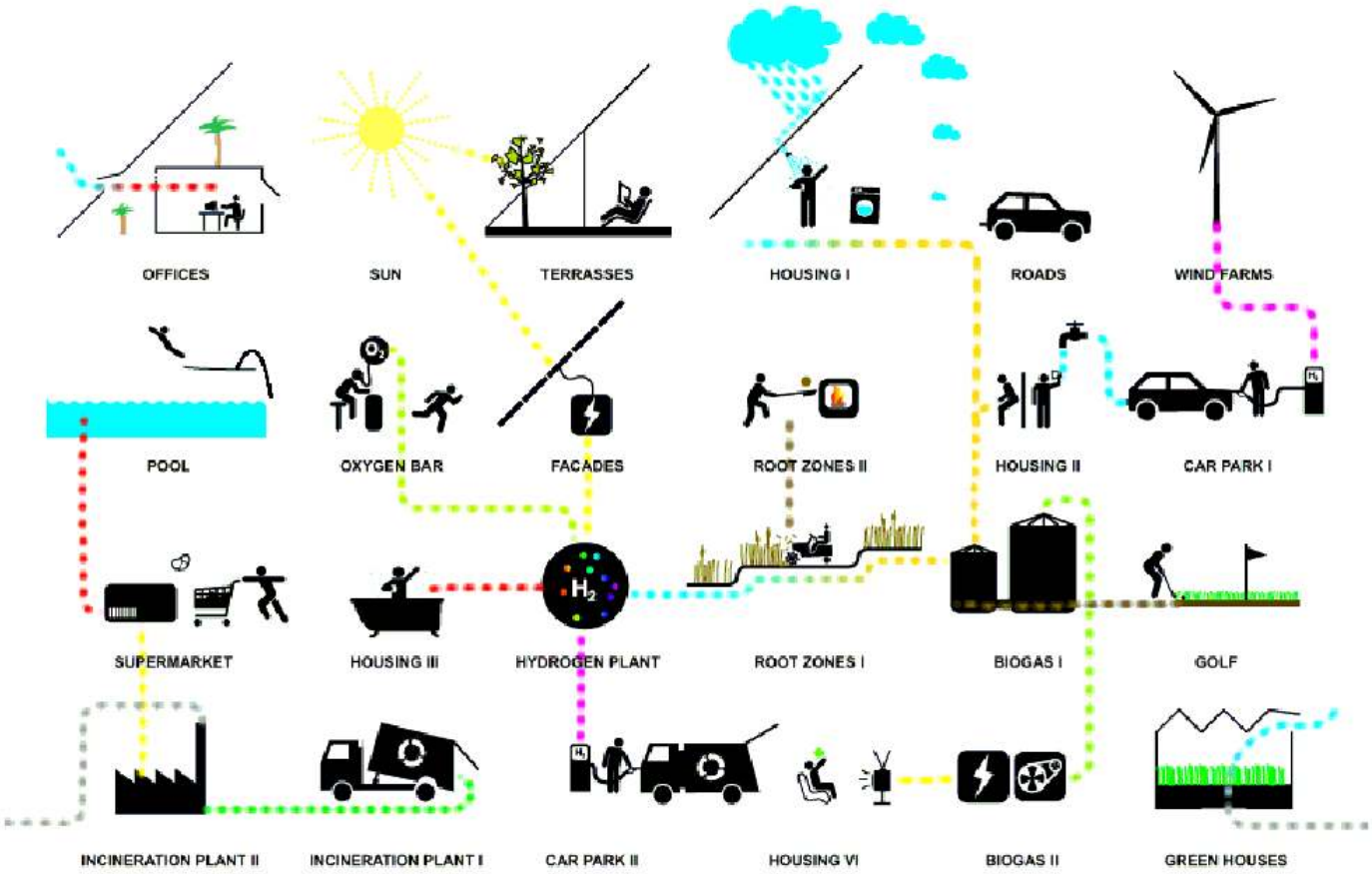


Imagem 83 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

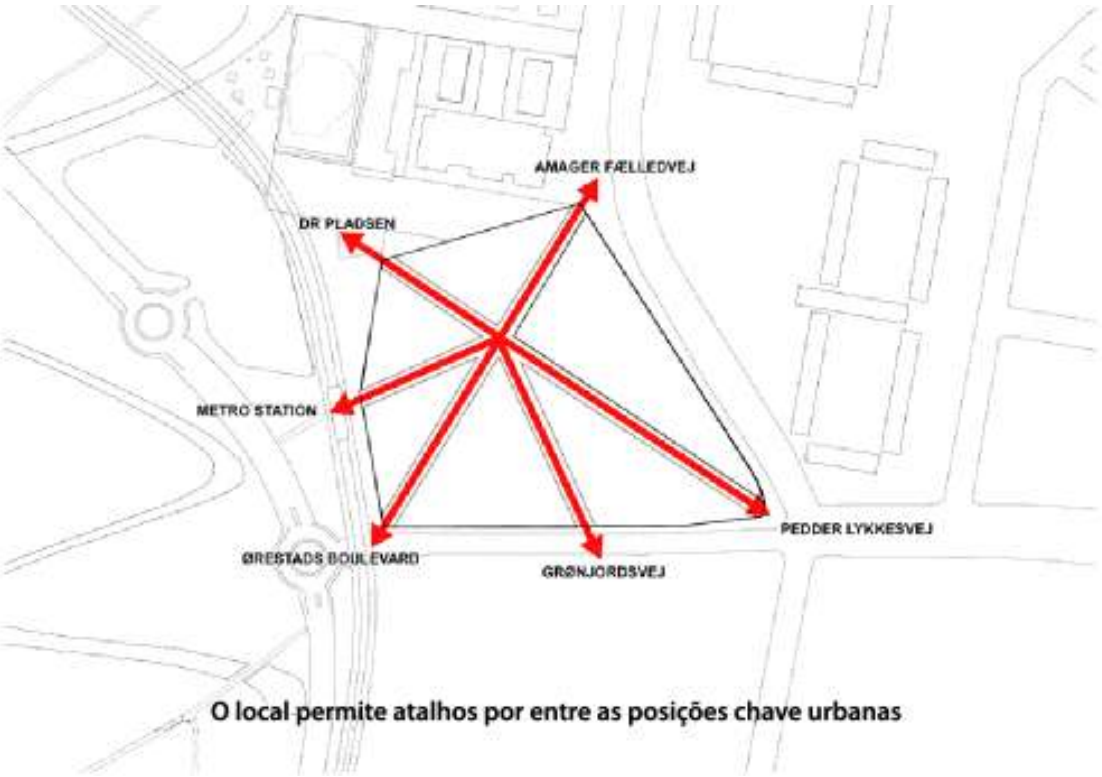
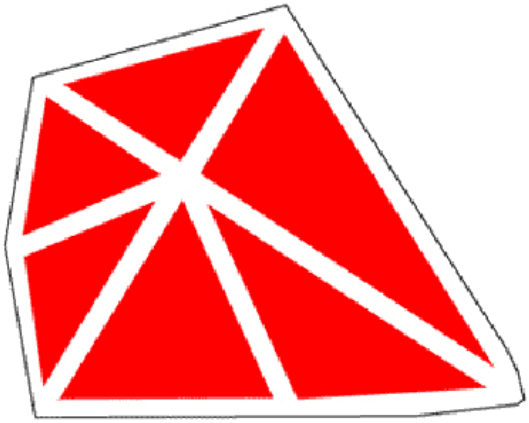
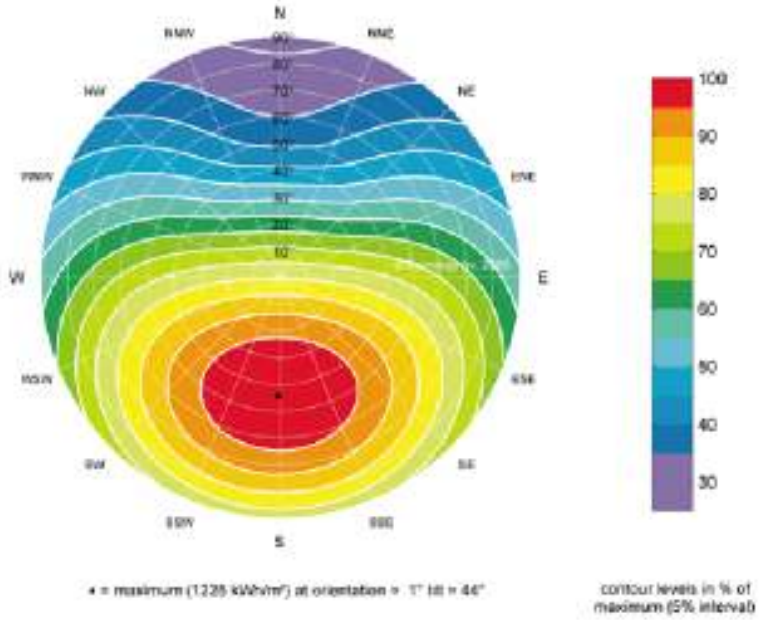


Imagem 84 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html



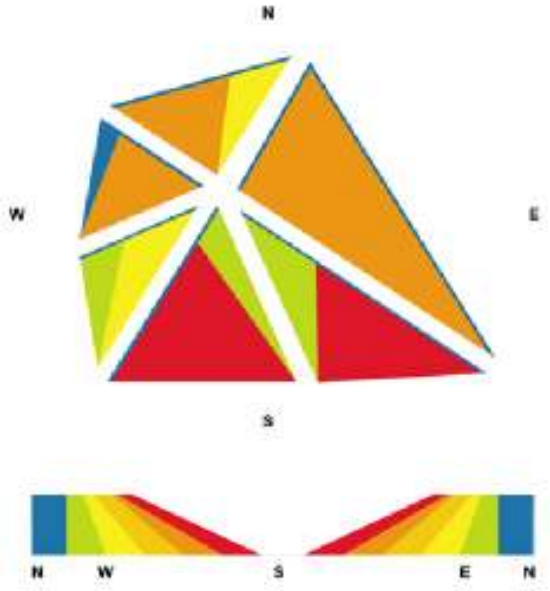
Os atalhos subtraídos do local organizam o edifício.

Imagem 85 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html



A orientação dos volumes do edifício deve ser optimizada para uma exposição solar máxima. A performance de painéis solares assim como energia solar passiva."

Imagem 86 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html



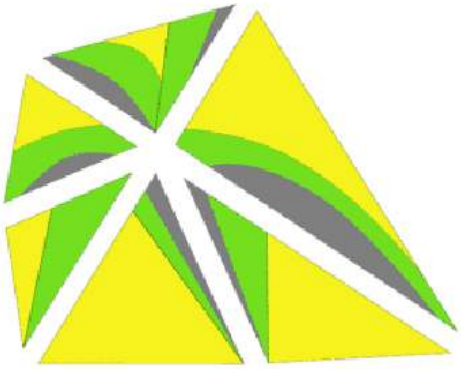
Optimização solar com os ângulos da fachada.
Cada fachada está de acordo com o ângulo de orientação, definindo uma série de triangulações piramidais.

Imagem 87 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Imagem 89 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Imagem 88 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Imagem 91 - Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html



Configuração da fachada.
Amarelo = painéis solares, amarelo + verde = habitação, verde = escritórios/ público/ estacionamento.

Imagem 90- Apresentação da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

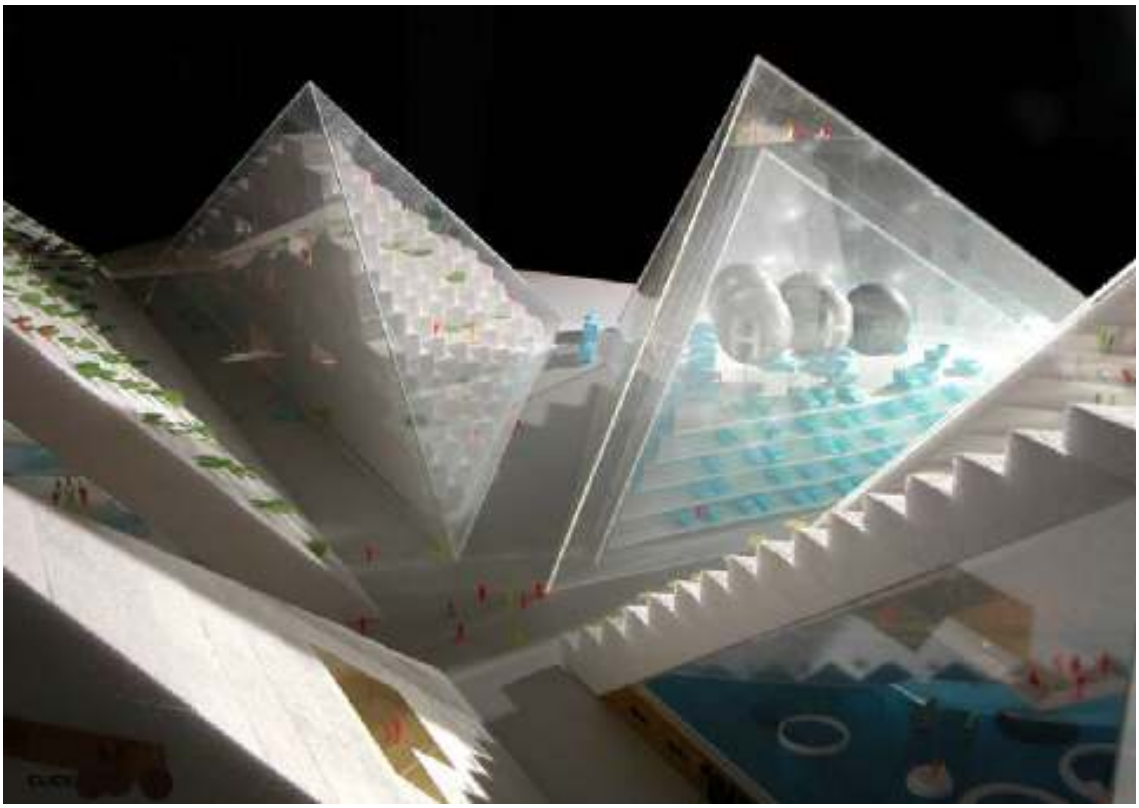


Imagem 92 - Maqueta da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

4.2.4 Analise da proposta Little Denmark

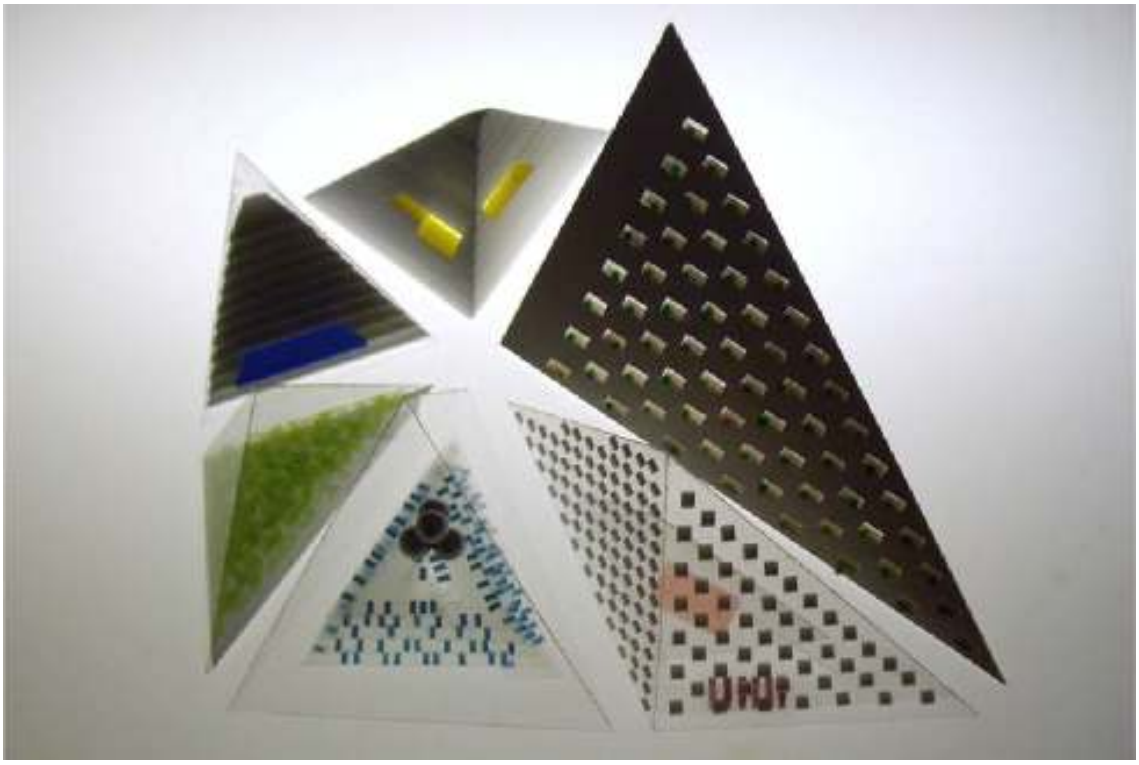
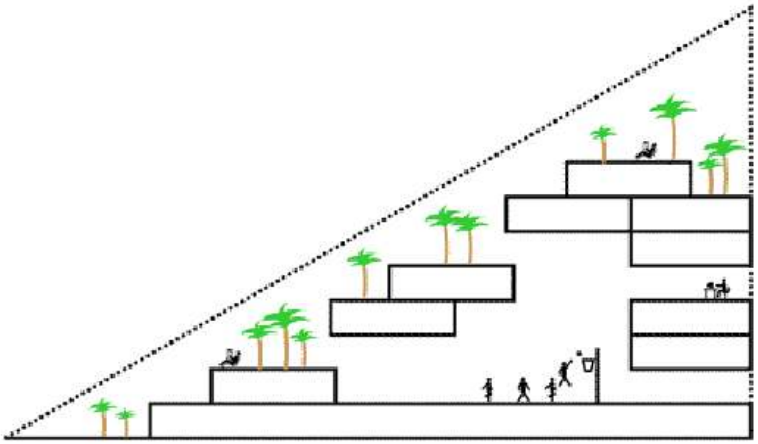


Imagem 93 – Maqueta da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Habitação verde, Habitação sustentável.

Este bloco tem das melhores incidências solares ideal para a habitação. A vegetação permite o controlo da incidência solar na habitação pondo em prática os princípios da energia solar passiva. No verão as folhas das árvores vão criar sombra mantendo os espaços mais frescos. No inverno com a perca das folhas das árvores o sol vai poder aceder ao espaço interior aquecendo-o. O lado norte fica com o programa dos escritórios usufruindo de uma luz constante e partilhando a energia com as habitações. O miolo do bloco tem actividades lúdicas para o uso das habitações.



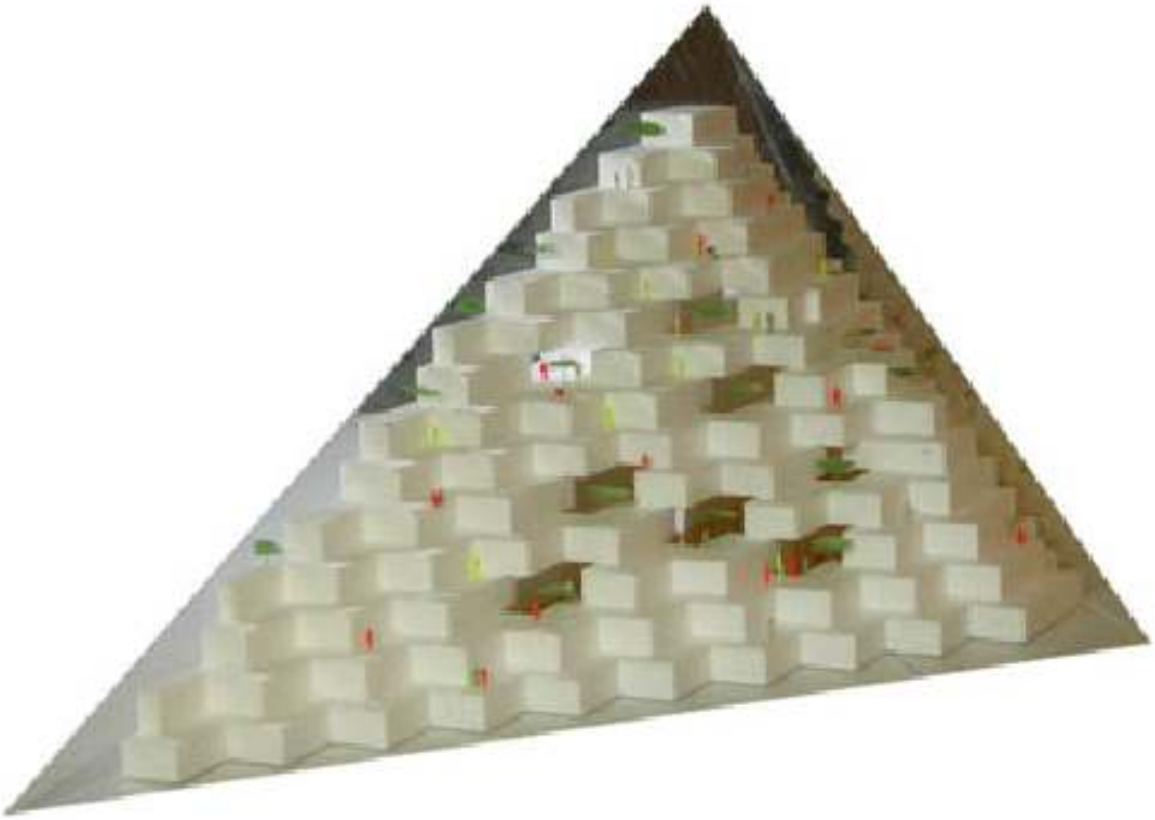


Imagem 94 - Maqueta da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Biblioteca e estacionamento combinados.

Este volume é o maior, que oferece para a malha urbana existe a biblioteca e o acesso automóvel para o parque de estacionamento. O acesso automóvel pela rua facilita a utilização do bloco por pessoas externas onde a biblioteca cria uma relação da rua com o interior do bloco. No interior do bloco a fachada inclinada oferece uma montanha vegetal assim como nessa mesma fachada com uma boa incidência solar podem ser colocados painéis solares para a produção de energia.

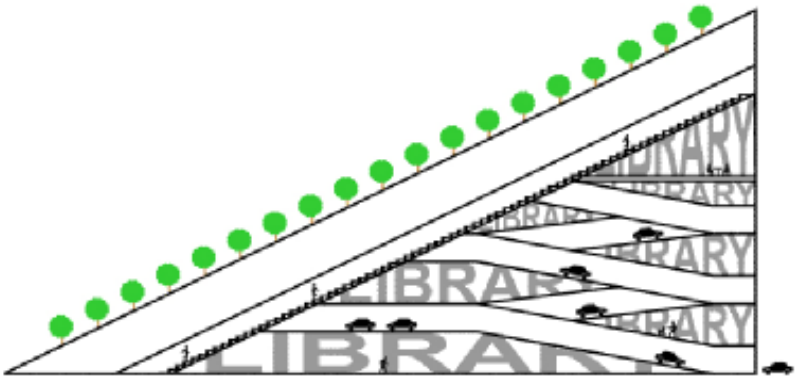
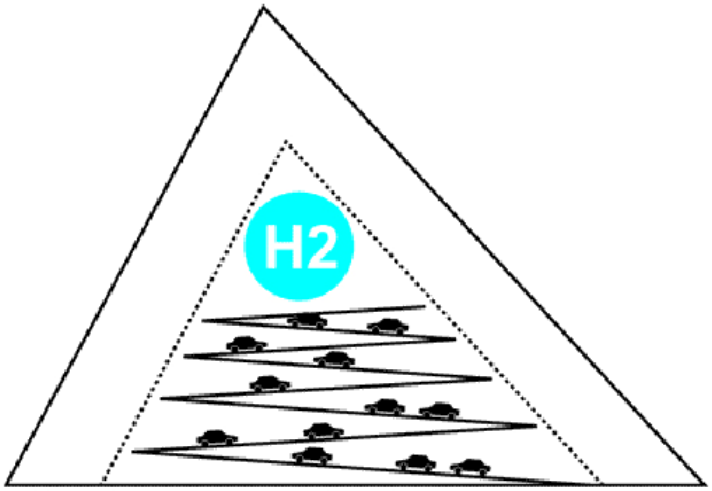


Imagem 95 - Maqueta da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Estacionamento automóvel e central de produção de hidrogénio.

Este bloco encontra-se junto da via publica facilitando o acesso ao parque de estacionamento sendo este um dos blocos com maior incidência solar. Isto prende-se com o facto de no processo de criar hidrogénio serem necessárias grandes quantidades de energia e a sua fachada poder receber painéis fotovoltaicos. O número de lugares foi definido pela quantidade de automóveis necessários para tornar a produção de hidrogénio rentável. A sua localização próxima das habitações prende-se com o facto de partilha de calor gerado pelo hidrogénio.



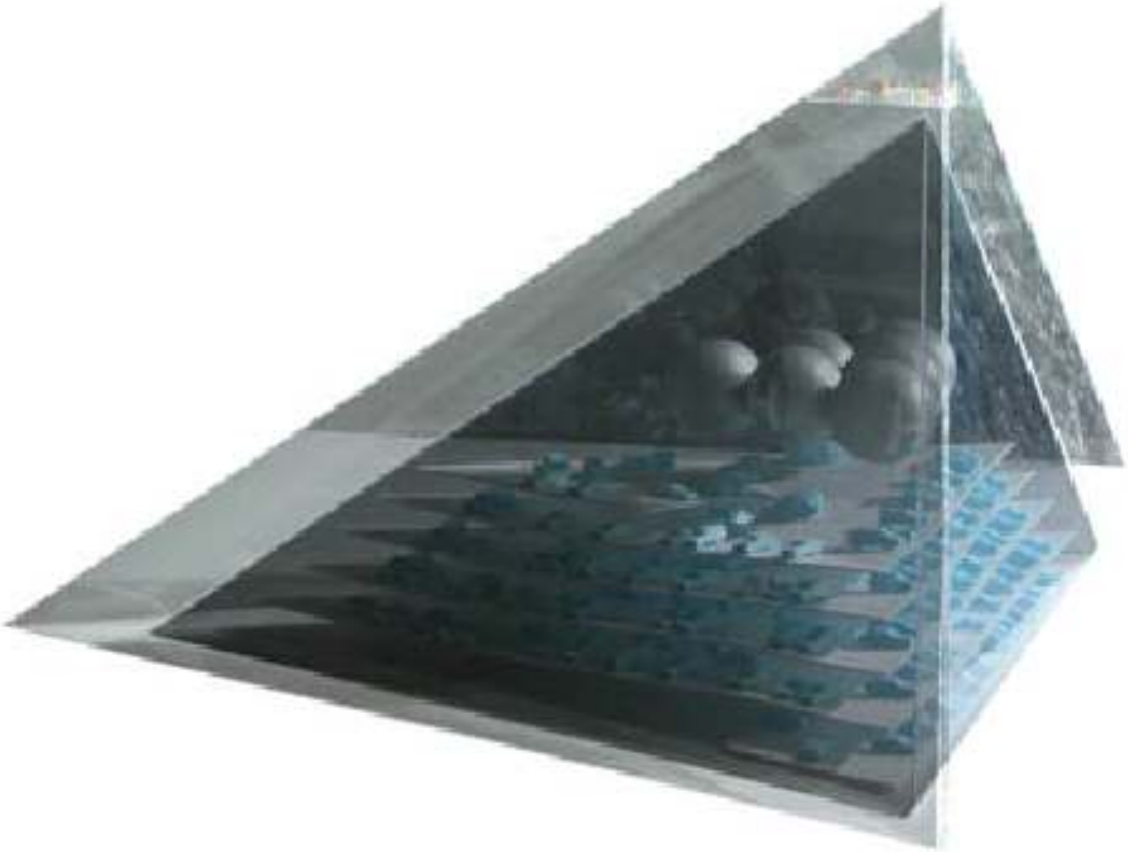


Imagem 96 - Maqueta da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Serviços e bio jardim

Neste bloco mais pequeno desenvolvem-se as actividades de serviços, escritórios e produção de biogás. Os serviços/escritórios encontram-se protegidos pela vegetação adoptando o mesmo princípio do bloco das habitações que no desenvolvimento da sua actividade podem usufruir de um jardim proporcionando um ambiente tranquilo para as actividades humanas no meio laboral. Esse jardim para além dos já conhecidos benefícios ao ambiente e homem, canalizam os seus resíduos para a produção de energia albergando um complexo de biogás. O jardim e os contentores de biogás podem ser canalizados para actividades de lazer e pratica de desportos radicais como a escala.

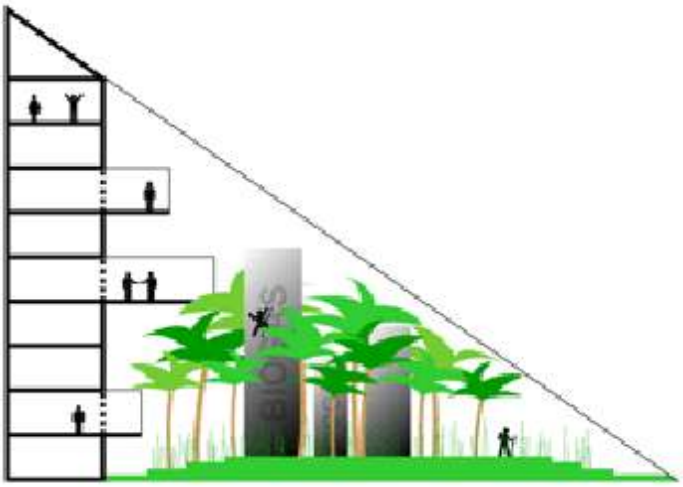


Imagem 97 - Maqueta da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Hotel com piscina e supermercado.

O bloco do hotel com piscina e supermercado representam uma boa fusão no que diz respeito á partilha de energia. Como já foi anteriormente descrito a ligação da piscina com o supermercado trazem uma partilha de energia que beneficiam ambas as partes. Além disso a sua localização privilegia as relações e distâncias humanas. O bloco encontra-se ao lado do parque de estacionamento e biblioteca permitindo as pessoas utilizarem o supermercado e o espaço público com distâncias reduzidas. Embora o hotel tenha um carácter publico, podemos coloca-lo num programa mais privado colocando o hotel por cima da supermercado privilegiando as vistas e a privacidade.

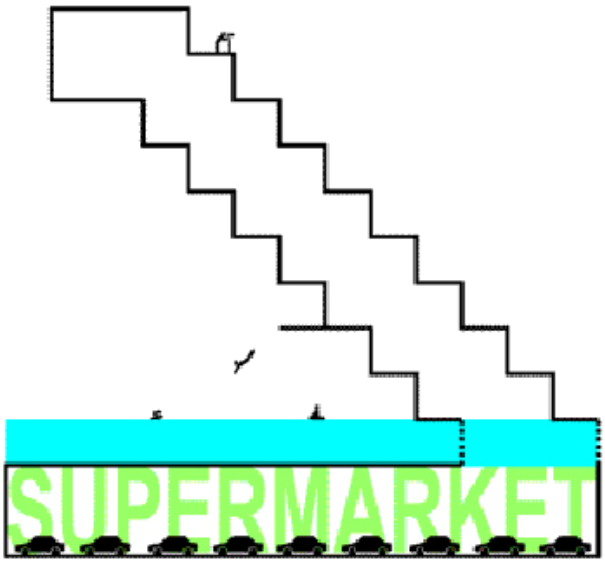


Imagem 98 - Maqueta da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

A circulação no interior do complexo é pedonal onde as relações humanas entre os diversos programas foram tidas em conta para não serem muito distantes entre si. Protegido da circulação automóvel circundante neste espaço todos os percursos são como corta caminhos de diferentes pontos da malha urbana. Apesar da dimensão dos edifícios o facto de estarem inclinados permite que o espaço seja desafogado onde as fachadas funcionam como uma continuidade do espaço público.

Imagem 99 - Maqueta da proposta. Vista da entrada do Hotel. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

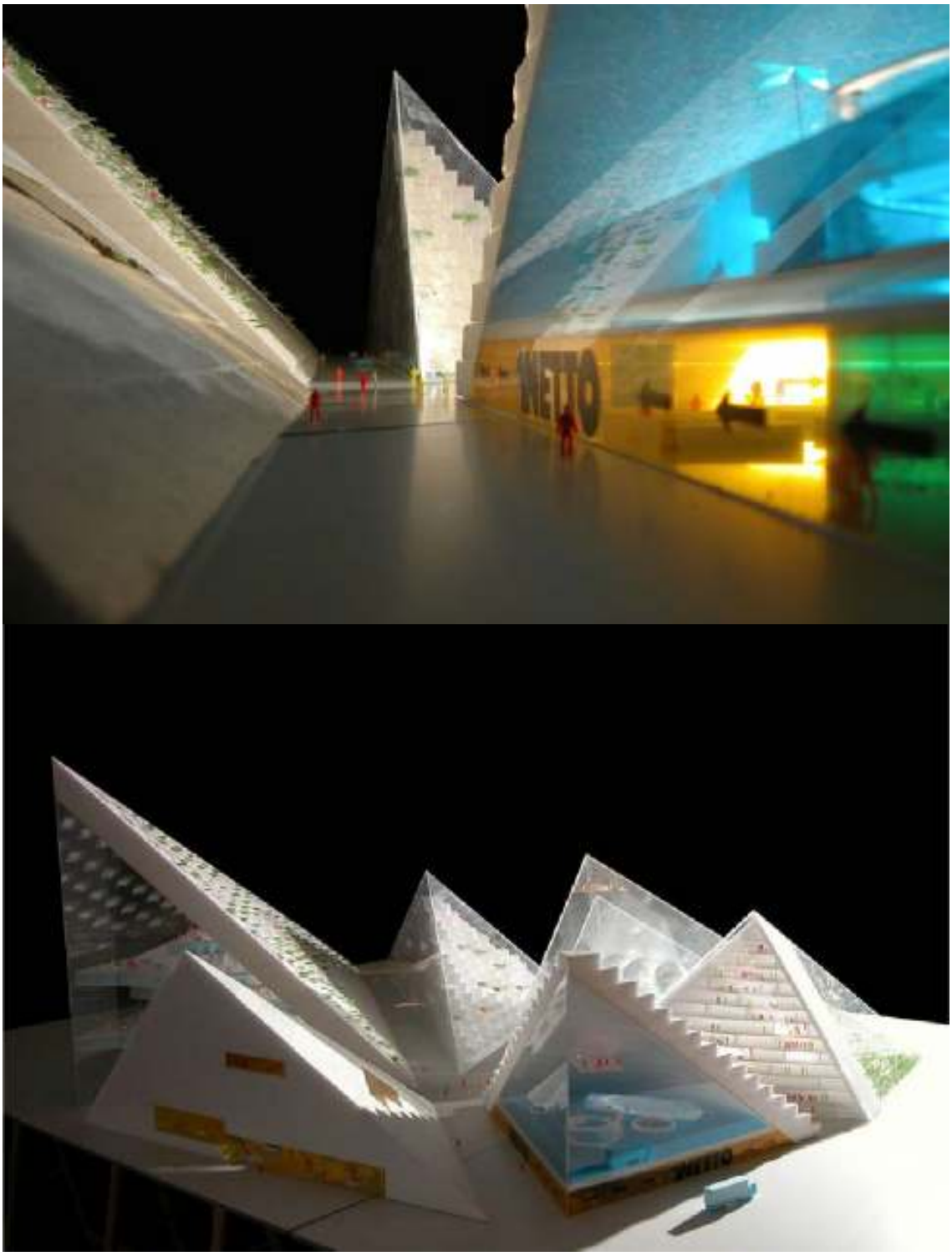


Imagem 100 - Maqueta da proposta. Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

4.3 Conclusão do capítulo

No caso prático apresentado da habitação modelar com o nome de *SA54 Zero* dos S'A arquitectos, foram adoptados vários sistemas diferentes da produção energética. A habitação tem ganhos directos com a energia solar passiva, assim como pode utilizar sistemas auxiliares procurando uma independência energética no que toca ao aquecimento. Com isso reduz o consumo de energia e as emissões de CO_2. Os sistemas de produção energética vão procurar produzir energia suficiente para colmatar a energia que ainda é necessária para o seu funcionamento.

Ao nível da estética os sistemas energéticos são assumidos realçando assim uma imagem de habitação sustentável. O seu carácter modelar permite-lhe que sejam incorporados com alguma facilidade os sistemas energéticos. Permite também uma adaptabilidade ao local de implantação que dependendo das suas características pode adquirir outra forma beneficiando os ganhos solares e a incorporação dos sistemas energéticos mais vocacionados para aquele local. O "pensar global agir local" vai ganhando forma quando adoptamos um modelo base para uma habitação, mas que conforme o local de implantação vai ser adaptado e reformulado.

O segundo caso pratico é o edificio "Little Denmark" e foi projectado pelo gabinete BIG.

As preocupações globais são estudadas e comparadas com dados relativos ao país de construção do edifício criando uma base teórica para todo o projecto. O edifício desenvolve-se em torno da sustentabilidade e qualquer definição volumétrica ou funcional tem como resultado a redução ou benefícios energéticos com o edifício.

A orientação do edifício procuram tirar o máximo partido da energia solar passiva e com o apoio de painéis solar e eólica produzem a energia necessária. No que toca ao programa escolhido pela equipa projectista é que surpreende e abre novos horizontes á arquitectura. A associação de um supermercado com uma piscina de um hotel trás uma parceria energética com um interesse singular. O sobreaquecimento gerado pelo supermercado era canalizado para a atmosfera. Outros equipamentos auxiliares iam ser implementados para bombear ar fresco para arrefecer o ambiente que por sua fez estaria a desperdiçar energia útil. Esse ar quente pode ser canalizado para o aquecimento da piscina que por sua vez também irá arrefecer o ar do supermercado.

Outra implementação importante adoptada neste edifício prende-se com o facto de se estar a beneficiar um meio de transporte alternativo, no que se refere ao

combustível adoptado, o hidrogénio, e mais uma vez criar um novo espaço. Ele produz hidrogénio e o aquecimento proveniente dessa transformação é reutilizada para aquecer as águas do edifício. Por sua vez o estacionamento tem a capacidade de albergar o número suficiente de veículos para se tornar viável o consumo de hidrogénio.

Conclusão:

Ao longo do trabalho desenvolvido foi possível estudar os sistemas de produção de energia e sua interferência na arquitectura tendo sido cumprido o objectivo proposto. Efectivamente, tal como tínhamos previsto no inicio deste trabalho, concluímos que os sistemas de produção de energia estão a transformar o modo de se fazer arquitectura.

As más práticas arquitectónicas e urbanísticas têm alimentado um contínuo desperdício de energia que por sua vez tem repercussões no meio ambiente. Estudando e reconhecendo o problema, a arquitectura tem apresentado soluções ao longo do tempo cujo objectivo é enquadrar a arquitectura com o meio ambiente em especial com a redução dos consumos de energia. Retirar partido da localização para beneficiar o espaço interior são práticas ancestrais que o arquitecto vem utilizando.

Alem disso, um outro problema detectado prende-se com uma população crescente com necessidades de conforto e bem-estar generalizadas globalmente, e alimentadas pela tecnologia presente. É esse conforto tecnológico que nos empurra para a esgotabilidade dos recursos.

Percebemos que a organização espacial pode influenciar directamente os ganhos energéticos de um edifício através da energia solar passiva reduzindo com isso o recurso a equipamentos auxiliares. Mesmo assim a aplicação destes princípios na arquitectura não consegue satisfazer as nossas necessidades sendo necessária por isso a utilização de tecnologia sustentável.

Com a análise feita deparamo-nos desde o inicio, com uma informação não muito cuidada e muitas vezes pouco relevante para a arquitectura. Cada um deles tem as suas vantagens e desvantagens, mas o ponto que temos em comum entre todos eles é que são todos insuficientes quando aplicados individualmente. No que refere a energia e aquecimento nenhum consegue satisfazer as necessidades totais de uma habitação, requerendo sempre o apoio e interligação com outros sistemas diferenciados. Tendo sempre alguma limitação no que diz respeito á função que desempenham, a sua dependência de consumo de energia e o número de horas de funcionamento, devem ser sempre implementados pelo menos dois sistemas diferentes.

Mas para além disto, a forma e escala do edifício são também um factor a ter em conta. Pode-se tirar partido da forma do edifício para que no local de inserção possa gerar variação de pressão do ar promovendo a produção de energia. Estes princípios podem ser aproveitados para a energia eólica, mas a energia solar é também responsável pela alteração da forma do edifício. Este é talvez o sistema de produção energética que mais cuidados obriga na orientação do edifício para tirar o máximo partido do sistema solar.

De facto, a aplicação de sistemas de produção de energia em edifícios está a condicionar a imagem da arquitectura. Necessariamente vão ocorrer alterações na forma dos edifícios, fruto da aplicação de sistemas de produção de energia e aquecimento e consequentes condicionantes técnicas. A forma e orientação ficam assim comprometidas com os novos sistemas quando os incorporamos na fachada do edifício.

Não foi possível concluir quanto ao sistema de produção de energia mais eficiente. Na realidade verificou-se que o ideal será a combinação de vários sistemas de produção de energia e aquecimento para uma maior eficiência energética de um edifício. Um exemplo desta combinação de sistemas é a implementação de painel solar térmico e turbina eólica, ou geotermia com painéis fotovoltaicos no edifício. Poderá ainda dotar-se um edifício de um sistema de produção de energia específico, suprindo as suas necessidades e a de outros edifícios, recebendo em troca outros tipos de energia de que necessita e criando assim uma rede de abastecimento como acontece na cidade de Malmo. Muitos sistemas encontram-se ainda em desenvolvimento sendo que a sua aplicação dependerá do desejo do arquitecto.

Surpreendente foi quando no inicio nos questionamos se os sistemas de produção de energia iriam fazer programa?

Se tivermos um equipamento X que produz energia e temos um equipamento Y que produz aquecimento onde ambos vão partilhar a energia entre si e, ao mesmo tempo, reaproveitar o desperdício de um para beneficiar energeticamente o seu espaço a resposta é sim. Além disso estas interligações fazem com que o arquitecto crie novos programas a nível urbano ou com uma escala maior. Para se compreender esta complexidade foi necessário recorrermos a um exemplo prático, "Little Denmark" para justificar a nossa conclusão.

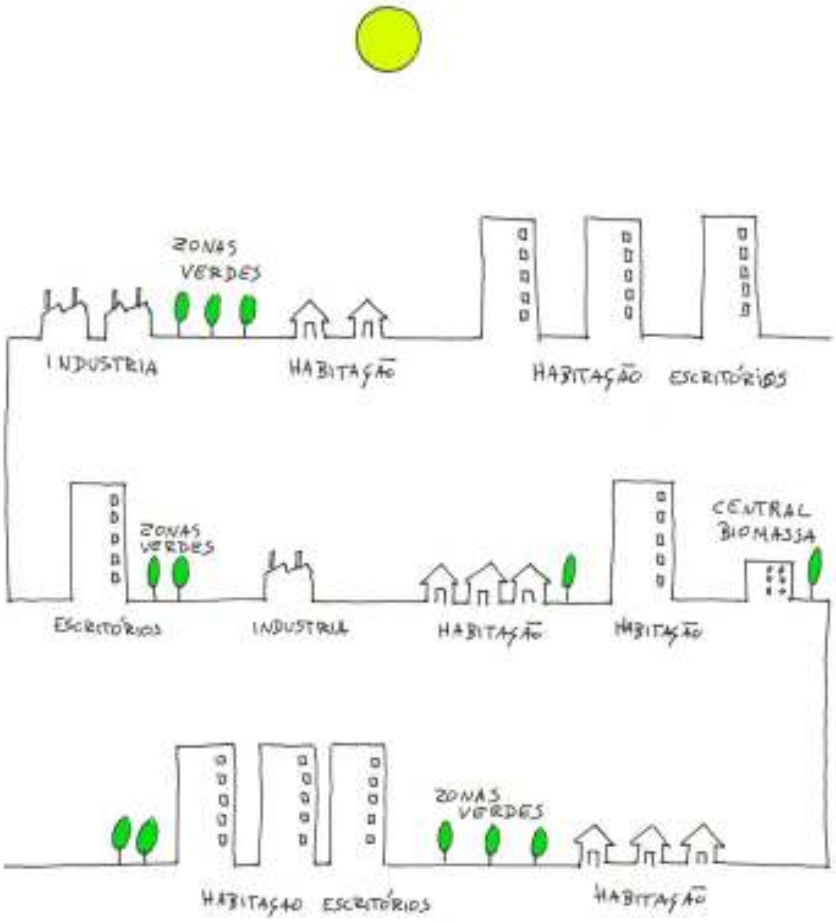
A política de eficiência energética está a recriar novos programas funcionais e a diversifica-los. Ficou provado que numa política de eficiência energética os programas funcionais para a projecção de um edifício vão sofrer alterações.

Poderá ser necessário criar outros programas ou, criar relações de proximidade para se poder partilhar energia. A relação de proximidade é uma característica importante para as perdas energéticas.

A partilha de energia deve existir dentro do edifício mas deve-se estender para o exterior e criar uma rede de partilha de energia, toda ela diferente entre si, para criar um todo equilibrado.

Ao nível do planeamento urbano ter a percepção de como funciona um circuito fechada de partilha de energia vai também condicionar a escolha do arquitecto no que pretende para o seu projecto.

A cidade de Malmo na Suécia, consegue funcionar isolado do resto do mundo, produzindo e partilhando todo a energia que cria. Energias limpas e aplicadas nos edifícios da cidade fazem com que sistemas de produção de energia de grande escala não sejam necessários.



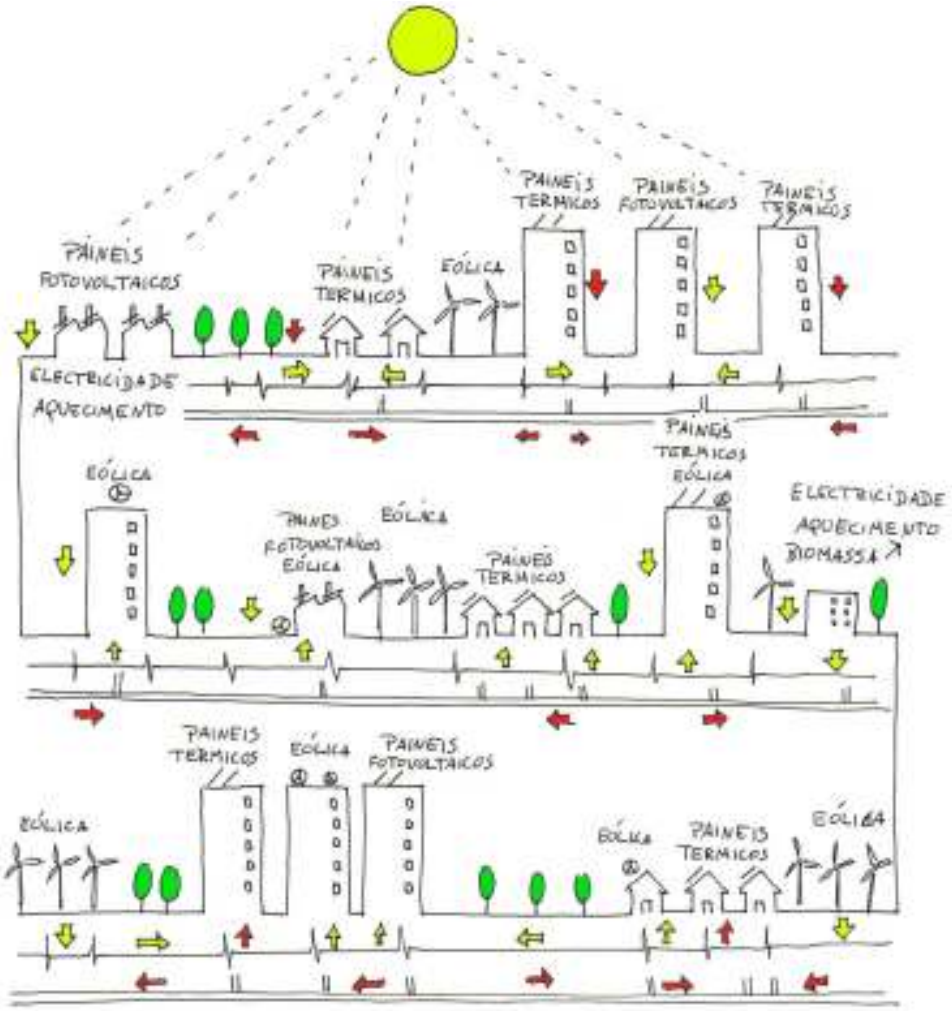


Imagem 101 – esquema síntese da partilha da energia na cidade. Imagem produzida pelo autor.

Alimentar a ideia de produzir energia de grande escala apesar de alguns benefícios que possam trazer, são também responsáveis pelo desperdício de energia. Não necessitamos nada desses sistemas pois a energia que cada edifício necessita deve ser ele próprio a produzir. Caso não consiga na totalidade a rede de partilha pode compensar essa falta.

Nesse sentido esta dissertação trouxe algo de relevante ao meio científico por se conseguir provar que é possível produzir energia nos edifícios, partilha-la e misturar programas marcando uma nova era na arquitectura. As preocupações actuais visam a minimização do impacto ambiental da produção de energia com consequente melhoria das condições de vida da população.

Referências Bibliográficas

Amado, M. (1997), O Ordenamento Turistico na Prespectiva do Desenvolvimento Sustentavel – Metodologia de Aproximação Sistemática – O caso do Litoral Centro, Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa.

Anders Erald, Christian Rakos, Cláudia Mendes, Fredrik Lagergren, Jeppe Bjerg e Teresa Almeida.(2002), Aquecimento a Biomassa em Grandes Edifícios – Aspectos Técnicos Essenciais, Centro da Biomassa para a Energia

APARICIO, JORGE LUIS (2001), RENDIMIENTO Y BIOMASA DE Eucalyptus nitens CON ALTERNATIVAS NUTRICIONALES PARA UNA SILVICULTURA SUSTENTABLE EN UN SUELO ROJO ARCILLOSO, Dissertação de Mestrado, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE - FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Arthus-Bertrand, Yann. Documentário ***Hom****eO Mundo é a Nossa Casa -.* 2008.

As energias renováveis marcam a diferença. 2008. Direcção geral de Energia e dos Transportes, Comissão Europeia.

Beatley, T. (2000), Green Urbanism, Learning from European Cities, Island Press, Washington.

Blowers, A. (ed) (1993), Planning for a Sustainable Environment, a Report by the Town and Contry Planning Association, Earthscan Publications, London.

Carvalho Vânia F. M. (2007), Tese de Mestrado em Planeamento e Projecto do Ambiente Urbano, Contributos Bioclimáticos para um Planeamento Urbano Sustentável - medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta as alterações climáticas, FEUP

CE (1992), Em Direcção a Um Desenvolvimento Sustentavel, 5º Programa de Acção em Matéria de Ambiente e Desenvolvimento Sustentavel, DCXI Comissão das Comunidades Europeias.

CE (2000), Para um Perfil da Sustentabilidade Local – Indicadores Comuns Europeus – Relatório Técnico, Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, Luxemburgo.

Dean Kamen, Empresário e Inventor do Segway e do Ibot.

Edwards, Brian. Guía básica de la sostenibilidad. 2ª ed. 2005 Editorial Gustavo Gili, SL.

Farinha, J. ; Serpa, L.; Mendes, T. (1996), A Sustentabilidade Ambiental em Planeamento Urbano de Pormenor, Actas da V Conferência sobre a qualidade do Ambiente, Universidade de Aveiro.

Francisco Eric (2007) Energy buffering for large wind farms, University of Strathclyde

Gardenr, J. (1989), Decision Making for Sustainable Development, Selected Approaches to Environmental Assessment and Management, in Environment Impact Assessment Review, Vol.9

Gonçalves C. M. S., O aumento do CO2 e as alterações climática, Universidade da Beira Interior, Portugal

Group, Energy Research. *A Green Vitruvius - Princípios e Práticas de Projecto para uma Arquitectura Sustentável.* [trad.] Isabel Falcão e Fausto supervisionado por Simões. s.l. : Ordem dos Arquitectos, 2001.

Iakovos Tzanakis (2006), Combining wind and solar energy to meet demands in the built environment, University of Strathclyde

ICLEI (1995), Case Study Séries, Toronto: International Coucil for Local Environmental Iniciatives, International Council for Local Environmental iniciatives, UK.

Jacobs, M. (1991), The Green Economy, Environment, Sustainable Development and the Plitics of the Future, Pluto Press, UK.

Jaime Lerner. Arquitecto e Urbanista Brasileiro.

Lahsen Alfredo (2008) Geotremia: Energia Limpia y removable para Chile, Departamento de Geologia, Universidad de Chile

Lawson, B. (1980), How Designers Think, Archictural Press, London

Lobo, M. S. (1995), Planos de Urbanização. A época de Duarte Pacheco, Direcção-Geral do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Urbano, Faculdade de Arquitectura do Porto, Porto

Makus, T. A. (1970), Design Methods in Architecture, G. Broodbent and A. Word, London

Marsh all McLuhan. *Filósofo Canadiano, Futurista e Fundador dos Media Studies*

Martin, A. (2000), Consensus-building for environmental sustainability, in integrating environment + economy, Routledge, New York.

Moita, Francisco, Arquitectura Energeticamente Eficiente - regras de projecto.. s.l. : Cenertec, 2009.

Nogueira, T.; Pinho, P. (1996), Desenvolvimento Ambientalmente Sustentável, Perspectivas Teóricas sobre a Contribuição do Planeamento Territorial e da Avaliação Ambiental, Universidade de Aveiro, Aveiro

Oliveira Fernandes, E., Almeida, F. (1996), Gestão de Recursos Energéticos no Espaço Urbano e Ambiente – Caso da Expo´98, in 5ª Conferência Nacional sobre a qualidade do ambiente, Aveiro.

ONU. Gateway to the UN System's Work on Climate Change. [Online] http://www.un.org/wcm/content/site/climatechange/gateway.

Pereira, L. V. (1987), Método de Apoio Técnico à Acção de Desenvolvimento Sócio - Urbano de Áreas Urbanas de Intervenção, vol. I e II, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Sandra Sjölund, (2010), Sustainable building in Australia and Sweden : a comparative study of passive design techniques and Life Cycle Costs, Lulea University of Technology

Referências Bibliográficas electrónicas

Alentejo Litoral. Artigo disponível na internet em: http://www.alentejolitoral.pt/PortalAmbiente/EnergiasEAmbiente/Artigos/Paginas/Energiahidroelectrica.aspx

Alentejo Litoral. Artigo disponível na internet em: http://www.alentejolitoral.pt/PortalIndustria/Energia/Energiastradicionais/Energianuclear/Paginas/Energianuclear.aspx

Becker-Weinberg (2008) Informação técnica disponibilizada pela empresa. Hemera Energy. Troca de informação via email com o Eng. José Miguel, responsável técnico, Murcia.

Bjarke Ingels Group - BIG. Trabalho disponivel na internet em: http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html

Carbon Dioxide and Climate Change. [Online] National Academy of Science. http://www.nasonline.org/site/PageServer?pagename=SACKLER_climate_change_program.

Costa Cruz, Jorge Lebeña . http://www.spes.pt/Manual_Instaladores.pdf. *SPES - Sociedade Portuguesa de Energia Solar.* [Online]

Design Can Change. [Online] Design Can Change. http://designcanchange.org/.

Noticia disponível na internet em http://www.alentejolitoral.pt/PortalIndustria/ARegiao/Caracterizacaoregional/Paginas/AlcacerdoSal.aspx

Observatório para o Solar Térmico. – Caracterização do solar térmico em Portugal. 2008. ADENE, Agencia para a Energia. Disponível na internet em http://www.aguaquentesolar.com/observatorio/emPortugal/index.asp

S'A ARQUITECTOS. Disponível na internet em http://www.sa-arquitectos.com/proj_pt/proj_54_1_pt.html

Textos de apoio de Tecnologias de micro geração e sistemas periféricos do CEEETA. Disponivel na internet em http://www.ceeeta.pt/downloads/pdf/Aproveitamento.pdf

Turby. Documentário disponível na internet em http://www.youtube.com/watch?v=Hzz609KMtvE

Índice das imagens

Imagem 1 – Edifício em fase de construção, fase esta responsável por um grande consumo de energia.
Imagem disponível na Internet em <www.uksounds.com-under_construction_b> 7

Imagem 2 – Formação de uma cidade em escala equilibrada face à envolvente.
Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand 8

Imagem 3 – Representação do consumo de energia nocturno da cidade de Los Angeles.
Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand. 9

Imagem 4 – Representação da evolução de cidade do Dubai, com consequente aumento do consumo de energia.
Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand. 10

Imagem 5 – Representação de arranha-cèus no Dubai.
Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand. 11

Imagem 6 – Representação gráfica do Aquecimento Global.
Imagem adaptada do sítio da Internet <http://designcanchange.org/>. 12

Imagem 7 – Representação gráfica da formação do Efeito de Estufa.
Imagem adaptada do sítio da Internet <http://designcanchange.org/>. 13

Imagem 8 – Representação gráfica da libertação dos gases responsáveis pelo efeito de estufa entre o ano de 1980 e 2003.
Imagem adaptada do sítio da Internet <http://designcanchange.org/>. 14

Imagem 9 – Representação gráfica da proveniência dos gases responsáveis pelo efeito de estufa.
Imagem adaptada do sítio da Internet <http://designcanchange.org/> 15

Imagem 10 – Densidade Populacional do mundo no ano 2000.
Disponível na internet em: <http://www.theglobaleducationproject.org/earth/images/final-images/g-gpw-population-map.gif> 17

Imagem 11 – Pavilhão da Holanda na Expo 2000 em Hannover (Alemanha) projectado pelo gabinete de arquitectos MVRDV. Imagem disponível na Internet em <http://www.mvrdv.nl>. 18
Imagem 12 – Arquitectura energeticamente eficiente. Imagem disponível na Internet em <http://www.rolfdisch.de>. 20
Imagem 13 – Representação gráfica do conforto termo-higrométrico. Imagem retirada do livro Green Vitruvius – Princípios e Práticas de Projecto para uma Arquitectura Sustentável, publicado pela Ordem dos Arquitectos em 2001, pág. 27. 26
Imagem 14 – Critérios de escolha para implantação de um edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energéticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita. 28
Imagem 15 – Critérios de escolha para a orientação de um edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energéticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita. 29
Imagem 16 – Esquema representativo da forma como deve ser aumentado o afastamento consoante o aumento do volume do edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita 30
Imagem 17 – Esquema da utilização da vegetação para o controlo da temperatura num edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita 31
Imagem 18 - Esquema do forma como o isolamento deve ser aplicado pelo interior. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita 33
Imagem 19 - Esquema da utilização do sombreamento para o controlo da temperatura num edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita. 34
Imagem 20 - Esquema da utilização de métodos de ventilação natural para o controlo da temperatura num edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita. 35
Imagem 21 - Esquema do sistema de ganho directo para o controlo da temperatura num edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita. 36
Imagem 22 - Esquema do sistema de ganho indirecto para o controlo da temperatura num edifício. Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita. 37

Imagem 23 - Esquema do sistema de estufa para o controlo da temperatura num edifício.
Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita. 38
Imagem 24 - Esquema do sistema de condutas de ventilação para o controlo da temperatura num edifício.
Imagem adaptada do livro "Arquitectura Energeticamente eficiente – Regras de Projecto" do Arq. Francisco Moita. 38
Imagem 25 – o sol proporciona um fluxo de energia superior á consumida pelo homem.
Imagem disponível na internet em http://olhares.aeiou.pt/pds_a_500_mm_3_foto2569099.html de João Silva – Paisagem natural 39
Imagem 26 – O sol é o responsável pela existência da energia eólica.
Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand 40
Imagem 27 – O sol é uma fonte inesgotável de energia.
Imagem disponível na internet em http://olhares.aeiou.pt/esplendorosa_foto2869273.html de Miguel Afonso 41
Imagem 28 – representação de um campo de produção de energia solar.
Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand. 47
Imagem 29 - colectores planos.
A imagem encontra-se disponível em www.sunsystem.bg 49
Imagem 30 – colector de tubos evacuados.
A imagem encontra-se disponível em www.sunystem.bg 50
Imagem 31 - Esquema do funcionamento do sistema solar térmico para o aquecimento das águas e temperatura de um edifício.
Imagem adaptada dos esquemas enviados pela empresa "Hemera Energy". 51
Imagem 32 – aplicação do piso radiante.
A imagem encontra-se disponível em http://sites.google.com/site/valeemartins/aquecimento 52
Imagem 33 – Esquema da aplicação de termocolectores na habitação colectiva.
Imagem adaptada dos esquemas enviados pela empresa "Hemera Energy". 53
Imagem 34 – Colectores solar na indústria.
A imagem encontra-se disponível em http://www.chinasolarenergy.com/uploadfile/200671215475757 5.jpg 55
Imagem 35 – Esquema do funcionamento do sistema fotovoltaico na habitação ligado ou não ligado à rede pública.
Imagem adaptada dos esquemas enviados pela empresa "Hemera Energy". 57

Imagem 36 - Utilização de painéis fotovoltaicos na habitação.
Imagem encontra-se disponível em www.rolfdisch.de 59
Imagem 37 – Integração perfeita dos painéis solares numa habitação.
A imagem encontra-se disponível em http://www.xenian.com.au/photogallery/HouseFuture.htm 60
Imagem 38 – No período nocturno os painéis solares não produzem energia mas podem ter uma componente estética.
A imagem encontra-se disponível em http://www.xenian.com.au/photogallery/HouseFuture.htm 61
Imagem 39 – Centro solar Fotovoltaico em Amareleja (Moura).
Imagem disponível em http://www.portalalentejano.com/imagem_dia/?p=496 63
Imagem 40 – Esquema do funcionamento do sistema eólico na habitação ligado ou não ligado à rede pública.
Imagem adaptada dos esquemas enviados pela empresa "Hemera Energy" 66
Imagem 41 – Esquema do funcionamento do sistema eólico no espaço urbano e o seu funcionamento com ventos ascendentes.
Imagem adaptada dos esquemas enviados pela empresa "Hemera Energy". 67
Imagem 42 – Representação de um parque eólico em alto mar.
Imagem adaptada do documentário "Home: o mundo é a nossa casa" de Yann Arthus-Bertrand 68
Imagem 43 – O impacto visual destes sistemas é subjectivo. A inspiração artística do fotógrafo veio de uma hélice eólica. Autor Simão Pereira de Magalhães.
Imagem disponível em http://olhares.aeiou.pt/foto1536665.html 70
Imagem 44 Esquema do funcionamento do sistema geotérmico e aerotermico na habitação.
Imagem adaptada dos esquemas enviados pela empresa "Hemera Energy". 72
Imagem 45 – Bomba de calor.
Imagem disponível em http://www.ambienteverde-renovaveis.com/geotermia.htm 73
Imagem 46 – Aplicação de um permutador no solo. Esta é uma das possibilidades existentes no mercado.
A imagem encontra-se disponível em http://www.tescar.com/en/node/469 74
Imagem 47 – Combustível utilizado na biomassa.
Imagem disponível em http://www.c3-energy.pt/home/home.php?module=biomassa 76
Imagem 48 – Caldeira de biomassa.
Imagem disponível em http://www.zantia.com/pt/ver_catalogo.asp 78

Imagem 49 – Central de biomassa de Mortágua.
Imagem disponível em
http://www.purificadora.pt/index.php?module=casestudies&submodule=show&id=6 79

Imagem 50 – Central de biomassa da Carregosa, Oliveira de Azeméis.
Imagem disponível em
http://www.oazonline.com/?op=artigo&id=1125&mn=38 80

Imagem 51 – Piscina de Alcácer do Sal.
Imagem disponível em
http://vianadoalentejo.blogspot.com/2008_05_01_archive.html 82

Imagem 52 – Para alem de utilizar uma caldeira de biomassa utiliza também um sistema solar térmico ao qual não conseguimos obter nenhuma imagem.
Imagem disponível em http://www.aosol.pt/pt/projecto/9/piscinas-de-alcacer-do-sal/ 82

Imagem 53 – Pilhas de combustível que utilizam o hidrogénio e o oxigénio para produzir energia para uma habitação.
Imagem disponível em
http://panasonic.co.jp/ecohouse/en/Energy/index.html 83

Imagem 54 – Pilha de armazenamento de energia compacto que pode armazenar energia de painéis fotovoltaicos.
Imagem disponível em
http://panasonic.co.jp/ecohouse/en/Energy/index.html 84

Imagem 55 – Cultivo direccionado para a produção de biocombustível.
Imagem disponível em http://www.matternetwork.com/2008/2/is-biofuel-a-red-herring.cfm 85

Imagem 56 – Luxo é lixo.
Imagem retirada de
http://www.sa-arquitectos.com/proj_pt/proj_54_1_pt.html 94

Imagem 57 – Esquema funcional da distribuição da energia desde a sua produção ao uso.
Imagem retirada de
http://www.sa-arquitectos.com/proj_pt/proj_54_1_pt.html 95

Imagem 58 – 3D da proposta da Habitação.
Imagem retirada de
http://www.sa-arquitectos.com/proj_pt/proj_54_1_pt.html 96

Imagem 59 – Plantas, cortes e alçados da proposta com imagens 3d perspectivadas.
Imagem retirada de
http://www.sa-arquitectos.com/proj_pt/proj_54_1_pt.html 98

Imagem 60 / 92 – Apresentação da proposta.
Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html 101 - 110
Imagem 93 /100 – Maqueta da proposta.
Imagem disponível em http://www.big.dk/projects/ldk/ldk.html 111 - 118
Imagem 101 – esquema síntese da partilha da energia na cidade.
Imagem produzida pelo autor. 134