



Universidades Lusíada

Neves, Sofia Daniela Cardoso das

Arquitetura sustentável : energia solar

<http://hdl.handle.net/11067/6832>

Metadados

Data de Publicação

2007

Resumo

A problemática da sustentabilidade pressupõe uma preocupação com o presente mas sobretudo com o futuro, no sentido de satisfazer as necessidades das gerações actuais, sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades. Porém, estas preocupações ganham cada vez mais importância pelo facto de assistirmos ao agravamento das condições climáticas e ao esgotamento dos recursos naturais (como por exemplo, os combustíveis fósseis/ energias não renováveis). ...

The sustainability issue requires a concern not only with the present, but mainly with the future, in order to meet the current generation demands without compromising the future generations' capacity to meet their own necessities. However, these concerns are becoming more and more important due to the fact that we are facing a declining of the environment quality and a depletion of natural resources (such as the fossil fuels and many other nonrenewable sources of energy). Concerning this issu...

Palavras Chave

Arquitetura, Arquitectura sustentável, Recursos energéticos - Energia solar, Recuperação de edifício

Tipo

masterThesis

Revisão de Pares

Não

Coleções

[ULP-FAA] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2024-05-06T18:24:41Z com informação proveniente do Repositório



UNIVERSIDADE LUSÍADA DO PORTO

Arquitectura Sustentável

Energia Solar

Sofia Daniela Cardoso das Neves

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre

Porto, 2007

Agradecimentos

Ao longo de todo o meu percurso académico, foram importantes todos os docentes que me acompanharam, bem como todos os que, directa ou indirectamente, contribuíram e me encaminharam, na minha formação.

A todos o meu obrigado.

Não esquecendo todos os familiares e amigos que, de igual modo me apoiaram ao longo destes anos, especialmente os meus pais.

ÍNDICE TEXTO

INTRODUÇÃO.....	- 1 -
CAPÍTULO I.....	- 5 -
I.1. A Energia.....	- 5 -
I.1.1. Formas de Energia.....	- 8 -
I.1.2. Fontes de Energia.....	- 10 -
I.1.2.1. Fontes de Energia Não Renováveis, Fósseis ou Convencionais.....	- 11 -
I.1.2.2. Fontes de Energia Renováveis ou Alternativas.....	- 17 -
I.2. O Impacte da Energia no Meio Ambiente.....	- 28 -
I.3. O Consumo de Energia.....	- 35 -
CAPÍTULO II.....	- 44 -
II.1. Eficiência Energética em Edifícios.....	- 44 -
II.2. A Energia Solar.....	- 54 -
II.2.1. Energia Solar Passiva.....	- 56 -
II.2.2. Energia Solar Activa.....	- 64 -
II.2.2.1. Sistema Solar Térmico.....	- 67 -
II.2.2.2. Sistema Solar Fotovoltaico.....	- 84 -
CAPÍTULO III.....	- 97 -
III.1. A Aplicação e Integração de Energias Renováveis na Construção.....	- 97 -
III.1.1. BED ZED – Inglaterra.....	- 104 -
III.1.2. SOLAR XXI.....	- 109 -
CAPÍTULO IV.....	- 118 -
IV.1. Xabregas – Lisboa (Apresentação do Local).....	- 118 -
IV.1.1. Projecto de Recuperação.....	- 124 -
IV.1.2. A Energia Solar Activa no Projecto de Recuperação.....	- 131 -
CONCLUSÃO.....	- 135 -
BIBLIOGRAFIA.....	- 138 -

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Relâmpago.....	pág. 05
Figura 2. Descoberta do fogo.....	pág. 05
Figura 3. O domínio do Homem sobre a produção de energia.....	pág. 05
Figura 4. Caravela Vera Cruz no Rio Tejo.....	pág. 06
Figura 5. Moinho de vento de tipo mediterrânico em Portugal.....	pág. 06
Figura 6. Máquina a vapor usada para extrair água nas minas de carvão.....	pág. 06
Figura 7. Energia Térmica.....	pág. 08
Figura 8. Energia Mecânica.....	pág. 08
Figura 9. Energia Eléctrica.....	pág. 08
Figura 10. Energia Radiante.....	pág. 09
Figura 11. Energia Química.....	pág. 09
Figura 12. Energia Nuclear.....	pág. 10
Figura 13. Fontes de energia não renováveis.....	pág. 11
Figura 14. O impacte da energia no meio ambiente.....	pág. 11
Figura 15. Combustível fóssil – carvão.....	pág. 12
Figura 16. Combustível fóssil – petróleo.....	pág. 13
Figura 17. Combustível fóssil – petróleo – refinação.....	pág. 14
Figura 18. Combustível fóssil – gás natural.....	pág. 14
Figura 19. Combustível fóssil – urânio.....	pág. 15
Figura 20. Fontes de energia renováveis	pág. 17
Figura 21. Fontes de energia não renováveis – Energia solar.....	pág. 18
Figura 22. Moinho de vento – Ericeira – Portugal.....	pág. 19
Figura 23. Energia eólica – sistema de eixo horizontal.....	pág. 19
Figura 24. Energia eólica – sistema de eixo vertical	pág. 19
Figura 25. Energia eólica – aerogeradores domésticos.....	pág. 20
Figura 26. Energia eólica – Parque eólico – offshore	pág. 21
Figura 27. Energia da biomassa.....	pág. 21
Figura 28. Central termoeléctrica de Mortágua.....	pág. 21
Figura 29. Instalação para o tratamento de efluentes de descasque de sementes de alfarroba.....	pág. 22
Figura 30. Plantação de girassóis para a produção de energia – biocombustíveis.....	pág. 22

Figura 31. Fumarolas – aproveitamento da energia proveniente do interior da Terra – Açores.....	pág. 23
Figura 32. Estações termais para fins medicinais e de lazer.....	pág. 23
Figura 33. Central Geotérmica industrial da Ribeira Grande, S. Miguel, Açores.....	pág. 23
Figura 34. Moinho de maré em Palhais, Portugal.....	pág. 24
Figura 35. Moinho de maré em Palhais, Portugal – princípio de funcionamento.....	pág. 24
Figura 36. Central minihídrica – Barragem de aproveitamento hidroeléctrico de Paredes.....	pág. 25
Figura 37. Protótipo de aproveitamento da energia das ondas.....	pág. 25
Figura 38. Princípio de funcionamento para aproveitamento da energia das ondas...	pág. 26
Figura 39. Protótipo de aproveitamento da energia das marés.....	pág. 26
Figura 40. Aproveitamento da energia das marés.....	pág. 26
Figura 41. A abertura do primeiro troço ferroviário ao Sul do Tejo.....	pág. 28
Figura 42. Petróleo.....	pág. 28
Figura 43. Consumo de crude.....	pág. 29
Figura 44. Efeito de estufa.....	pág. 29
Figura 45. Mapa do Protocolo de Quioto 2005.....	pág. 30
Figura 46. Metas do Protocolo de Quioto.....	pág. 31
Figura 47. Ar condicionado – aparelhos eléctricos de climatização.....	pág. 32
Figura 48. Casa Solar em Freixo de Espada à Cinta.....	pág. 33
Figura 49. Solar XXI – novo edificio do INETI.....	pág. 33
Figura 50. Importações de petróleo da UE em 2004	pág. 35
Figura 51. Variação do custo de petróleo entre 1970 e 2006.....	pág. 36
Figura 52. Consumo doméstico relativo de energia.....	pág. 37
Figura 53. Gases de efeito estufa do consumo doméstico de energia.....	pág. 38
Figura 54. Área coberta por painéis solares térmicos em 2004.....	pág. 39
Figura 55. Produção de energia solar fotovoltaica na UE em 2004.....	pág. 39
Figura 56. Produção de energia eólica na UE em 2004.....	pág. 40
Figura 57. Isolamento – aplicação do sistema Dryvit.....	pág. 47
Figura 58. Envidraçado com sombreamento exterior.....	pág. 48
Figura 59. Sombreamento exterior.....	pág. 49
Figura 60. Moradias em Janas – Sintra.....	pág. 50
Figura 61. Le Corbusier, cidade de refúgio, Paris 1929 – 1933.....	pág. 51
Figura 62. Le Corbusier, Unidade de Habitação de Marselha, 1946.....	pág. 52

Figura 63. Le Corbusier, Chandigarh, Punjab, 1950.....	pág. 52
Figura 64. Le Corbusier, Chandigarh, Punjab, 1950.....	pág. 52
Figura 65. Esquema ilustrativo da trajectória solar.....	pág. 58
Figura 66. Esquema ilustrando a diferença do ângulo de incidência do Sol consoante as estações do ano.....	pág. 58
Figura 67. Esquema ilustrativo da correcta orientação de um edifício.....	pág. 59
Figura 68. Casa Jacobs II, Hemiciclo solar.....	pág. 60
Figura 69. Casa Jacobs II, Hemiciclo solar	pág. 60
Figura 70. Casa da Lavoura, Guimarães	pág. 61
Figura 71. Casa da Lavoura, Guimarães, planta piso 2.....	pág. 61
Figura 72. Casa com varanda e parreira.....	pág. 62
Figura 73. Casa com varanda e parreira	pág. 62
Figura 74. Distribuição Europeia de radiação solar.....	pág. 65
Figura 75. Distribuição de radiação solar em Portugal.....	pág. 65
Figura 76. Esquema ilustrativo dos diferentes componentes da radiação solar	pág. 66
Figura 77. Tipos de colectores existentes e gama de temperaturas a que funcionam	pág. 68
Figura 78. Custo de investimento para cada tipo de colector.....	pág. 68
Figura 79. Esquema ilustrativo dos diferentes tipos de colectores para diferentes temperaturas e consequentes funções.....	pág. 69
Figura 80. Esquema ilustrativo de um colector plano sem cobertura.....	pág. 70
Figura 81. Esquema ilustrativo de um colector plano com cobertura	pág. 71
Figura 82. Esquema ilustrativo de um colector CPC.....	pág. 72
Figura 83. Esquema ilustrativo de um colector tubo de vácuo.....	pág. 73
Figura 84. Esquema ilustrativo de um circuito directo.....	pág. 73
Figura 85. Esquema ilustrativo de um circuito indirecto	pág. 73
Figura 86. Esquema ilustrativo de um sistema passivo – circulação termossifão	pág. 74
Figura 87. Esquema ilustrativo de um sistema passivo – circulação termossifão ...	pág. 74
Figura 88. Esquema ilustrativo de um sistema activo – circulação forçada.....	pág. 75
Figura 89. Esquema ilustrativo de um sistema activo – circulação forçada	pág. 75
Figura 90. Exemplo de má integração arquitectónica de um campo de colectores num edifício	pág. 76
Figura 91. Exemplo de boa integração arquitectónica de um campo de colectores num edifício.....	pág. 76
Figura 92. Esquema ilustrativo do funcionamento de um sistema solar.....	pág. 77

Figura 93. Esquema ilustrativo do funcionamento de um painel solar	pág. 78
Figura 94. Esquema ilustrativo do funcionamento de um painel solar	pág. 78
Figura 95. Estudo para o dimensionamento de uma instalação de painéis solares.....	pág. 79
Figura 96. Área total de colectores instalados por anos.....	pág. 81
Figura 97. Distribuição da área instalada por tipo de aplicação em 2004.....	pág. 82
Figura 98. Edmund Becquerel (1820 – 1891), físico experimental francês.....	pág. 84
Figura 99. William Adams (1836 – 1915), Adams and Day.....	pág. 84
Figura 100. Extracto da patente da primeira célula solar.....	pág. 85
Figura 101. Albert Einstein (1836 – 1915).....	pág. 85
Figura 102. Satélite VANGUARD – 1 (1958), primeiras aplicações espaciais.....	pág.86
Figura 103. Painel mono cristalino, ISOFOTON na MOVITRON.....	pág. 89
Figura 104. Painel poli cristalino, KYOCERA na REVEZ - SOLAR	pág. 89
Figura 105. Células de silício amorfo, UNI – Solar na MOVITRON.....	pág. 89
Figura 106. Rendimento eléctrico dos vários tipos de células fotovoltaicas.....	pág. 90
Figura 107. Conversão directa da radiação solar em electricidade.....	pág. 90
Figura 108. Colocação dos módulos fotovoltaicos.....	pág. 93
Figura 109. Sistema de iluminação e TV em moradia – Beira Alta.....	pág. 94
Figura 110. Central fotovoltaica de Serpa, Alentejo.....	pág. 95
Figura 111. Mapa de Portugal, “Casa Solar” em Freixo de Espada á Cinta	pág. 99
Figura 112. A “Casa Solar” em Freixo de Espada á Cinta – painel solar térmico.....	pág. 99
Figura 113. A “Casa Solar” em Freixo de Espada á Cinta – painel fotovoltaico.....	pág. 99
Figura 114. Casa no Alentejo com integração de painéis fotovoltaicos.....	pág. 101
Figura 115. Casa no Alentejo com integração de uma micro turbina eólica	pág. 101
Figura 116. Casa no Alentejo com integração de painéis fotovoltaicos e de uma micro turbina eólica para produção de electricidade – sistema de funcionamento.....	pág. 101
Figura 117. Bombas de calor geotérmicos – no Verão.....	pág. 102
Figura 118. Bombas de calor geotérmico – no Inverno.....	pág. 102
Figura 119. Salamandra instalada numa sala de aula – biomassa.....	pág. 103
Figura 120. Biomassa – briquetes.....	pág. 103
Figura 121. Empreendimento BED ZED, do Arq.º Bill Dunster, Inglaterra, 2002..	pág. 104
Figura 122. Esquema da aplicação dos princípios bioclimáticos no edifício.....	pág. 105
Figura 123. Esquema da aplicação dos princípios bioclimáticos no edifício.....	pág. 106
Figura 124. BED ZED – Cobertura com painéis fotovoltaicos.....	pág. 107
Figura 125. Exterior das habitações com jardim.....	pág. 108

Figura 126. Exterior de um jardim de uma habitação.....	pág. 108
Figura 127. Vista do edifício Solar XXI do INETI.....	pág. 109
Figura 128. Vista do edifício Solar XXI do INETI	pág. 110
Figura 129. Edifício Solar XXI do INETI – Colectores térmicos e painéis solares fotovoltaicos.....	pág. 111
Figura 130. Vista do edifício Solar XXI do INETI – Fachada Sul.....	pág. 112
Figura 131. Edifício Solar XXI do INETI – Aproveitamento térmico do sistema fotovoltaico.....	pág. 113
Figura 132. Edifício Solar XXI do INETI – Arrefecimento por convecção natural.....	pág. 114
Figura 133. Edifício Solar XXI do INETI – Corte representativo do arrefecimento passivo pelo solo.....	pág. 115
Figura 134. Edifício Solar XXI do INETI – Planta representativa do arrefecimento passivo pelo solo.....	pág. 116
Figura 135. Edifício Solar XXI do INETI – Arrefecimento passivo pelo solo, sistema de ventilação.....	pág. 117
Figura 136. Mapa da Península Ibérica e Mapa de Portugal.....	pág. 118
Figura 137. Fotomontagem com a representação do percurso pedonal.....	pág. 120
Figura 138. Esquissos com a representação do percurso pedonal.....	pág. 121
Figura 139. Planta de implantação em Xabregas – Armazéns a recuperar.....	pág. 122
Figura 140. Foto da Rua da Manutenção e do vazio urbano adjacente.....	pág. 123
Figura 141. Fotomontagem da implantação dos módulos no terreno de Xabregas..	pág. 123
Figura 142. Foto da Rua da Manutenção – Armazéns a recuperar	pág. 124
Figura 143. Fotomontagem da implantação dos módulos no terreno de Xabregas..	pág. 124
Figura 144. Esquissos representativos da implantação dos módulos.....	pág. 125
Figura 145. Planta de implantação dos módulos no terreno de Xabregas	pág. 126
Figura 146. Alçado da Rua da Manutenção e alçado da Avenida Infante D. Henrique.....	pág. 127
Figura 147. Planta do piso 0 dos Armazéns nºs 82 e 84.....	pág. 128
Figura 148. Planta do piso 1 dos Armazéns nºs 82 e 84.....	pág. 129
Figura 149. Esquissos do interior dos Armazéns nºs 82 e 84.....	pág. 130
Figura 150. Esquema de funcionamento do sistema de circulação forçada da Vulcano.....	pág. 131

Figura 151. Esquema de funcionamento do sistema de circulação forçada da Vulcano – princípio de funcionamento.....	pág. 131
Figura 152. Esquema de funcionamento do sistema de termossifão da Vulcano com caldeira e radiadores para aquecimento central e de água sanitária.....	pág. 132
Figura 153. Esquema de funcionamento do sistema de termossifão da Vulcano para aquecimento de água sanitária	pág. 132
Figura 154. Painel com depósito adjacente, sistema de termossifão da Vulcano para aquecimento da água sanitária.....	pág. 132
Figura 155. Painel sem depósito adjacente, painel integrado ou colocado na cobertura, sistema de circulação forçada da Vulcano.....	pág. 132
Figura 156. Corte transversal bb' representação do sistema de termossifão nos armazéns n ^o s 82 e 84 da Rua da manutenção.....	pág. 133
Figura 157. Planta de cobertura com a marcação do corte transversal bb'.....	pág. 133

RESUMO

A problemática da sustentabilidade pressupõe uma preocupação com o presente mas sobretudo com o futuro, no sentido de satisfazer as necessidades das gerações actuais, sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades. Porém, estas preocupações ganham cada vez mais importância pelo facto de assistirmos ao agravamento das condições climáticas e ao esgotamento dos recursos naturais (como por exemplo, os combustíveis fósseis/ energias não renováveis).

Neste contexto, pretendemos que o presente trabalho possa demonstrar como pode a Arquitectura intervir e contribuir para contrariar estas problemáticas e caminhar no sentido do desenvolvimento sustentável.

Deste modo, iniciamos o trabalho com o enquadramento histórico do uso dos recursos naturais e das diferentes formas e fontes de energia por parte do Homem ao longo dos tempos, e concluímos que o uso excessivo de combustíveis fósseis, como por exemplo, o petróleo, provocam consequências negativas para o ambiente. Assim sendo, a alternativa a esta situação passa pelo uso das energias renováveis.

Os edifícios também têm um papel importante no crescimento sustentado do planeta. Por isso, está a emergir um novo tipo de Arquitectura: a Arquitectura Sustentável. Esta Arquitectura usa o sol como fonte principal de energia para o condicionamento térmico e luminoso dos espaços, racionaliza o consumo de água e evita o mais possível a poluição provocada pela construção e pelo funcionamento dos edifícios.

No seguimento deste raciocínio, abordamos os diferentes tipos de energias renováveis, como o Sol, o Vento, a Água, a Biomassa, etc., e de que forma podem ser aplicadas e integradas na construção.

Aprofundamos a Energia Solar a as suas vertentes, passivas e activas, no sentido de contribuir para a eficiência energética dos edificios (arquitectura bioclimática), bem como para a produção de energia eléctrica através dos painéis fotovoltaicos e o aquecimento de água sanitária com os painéis térmicos.

Por fim, constatamos os dados estudados, em exemplos práticos que aplicam as medidas referidas ao longo do presente trabalho

Após estas análises, concluímos que o uso de energias renováveis na construção, nomeadamente, a Energia Solar, contribui para a redução das emissões de gases de efeito de estufa, que provocam o aclamado aquecimento global.

A utilização das energias renováveis nos edificios é o caminho a seguir para uma construção sustentável.

ABSTRACT

The sustainability issue requires a concern not only with the present, but mainly with the future, in order to meet the current generation demands without compromising the future generations' capacity to meet their own necessities. However, these concerns are becoming more and more important due to the fact that we are facing a declining of the environment quality and a depletion of natural resources (such as the fossil fuels and many other non-renewable sources of energy).

Concerning this issue, we hope this work may demonstrate how Architecture can help fighting these problems and allow a sustainable development.

We begin the work by mentioning the historical context of the natural resources and the several sources of energy used by mankind throughout time, and we conclude that the excessive usage of fossil fuels, such as the oil, results in negative consequences for the environment. Therefore, the alternative to this situation is the use of renewable sources of energy.

Also, buildings have a very important role in the sustained growing of our planet.

Consequently, a new kind of Architecture is arising: Sustainable Architecture. This Architecture uses the Sun as the main source of energy for heating and lighting spaces, controls the water consumption and avoids as far as possible the pollution caused by the construction and using of buildings.

Following this reasoning, we mention the different sources of renewable energy, such as the Sun, the Wind, the Water, the Biomass, etc., and how they can be used and integrated in construction.

We'll give more detailed information about the Solar Energy and its strands, passive and active, in order to contribute to the energetic efficiency of buildings (Bioclimatic Architecture), as well as to the production of electric energy from Photovoltaic Panels and the warming of water with Heat Panels.

Finally, we'll go through the studied facts in practical examples which apply the previously mentioned measures in this work.

In the end, we conclude that the use of renewable sources of energy in construction, particularly the Solar Energy, contributes to the reduction of Greenhouse Effect gases which lead to the global warming.

The use of renewable sources of energy in buildings is the right way to a sustainable construction.

PALAVRAS-CHAVE

Arquitetura Sustentável

Energia

Eficiência Energética

Arquitetura Bioclimática

Energia Solar

Sistemas Activos

Painéis Solares

Arquitetura

INTRODUÇÃO

“Neste novo século, o nosso maior desafio é agarrar uma ideia que parece abstracta – o Desenvolvimento Sustentável – e torna-la uma realidade para todos”

(Kofi Anan, Secretário-geral das Nações Unidas, 2001)

A essência do termo *sustentável* é bastante simples, pois pode ser entendido como aquilo que pode ser mantido ao longo do tempo, isto significa que qualquer sociedade, ou qualquer aspecto de uma sociedade, que seja insustentável, não pode ser mantido por muito tempo e deixará de funcionar numa qualquer altura.

Pensar “sustentável”, significa pensar no meio ambiente e nas pessoas, que dão cada vez maior ênfase à qualidade de vida e a uma atmosfera agradável e saudável. O planeta e o ambiente melhoram substancialmente se usarmos menos materiais, menos energia, menos embalagens, menos detritos, em suma, deve-se reciclar, reutilizar e recuperar, seguindo a máxima de Lavoiser *“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma ”*.

Contudo, não é esse o cenário a que se tem vindo a assistir, pois a má gestão dos recursos naturais e a exploração exaustiva dos recursos não renováveis, têm vindo a dificultar o equilíbrio ambiental, condicionando o presente e as gerações futuras.

Assim, em 1987, o relatório da Comissão das Nações Unidas, “Relatório Brundtland”, apresentou e desenvolveu o conceito de Desenvolvimento Sustentável. Em consequência, ocorre em 1992 a Conferência do Rio, em que mais de 17 países aceitam transpor para a sua legislação os conceitos inerentes ao Desenvolvimento

Sustentável, tendo sido estabelecido o plano para esta transição na “Agenda 21”.

"Aplicação dos princípios do desenvolvimento sustentável ao ciclo global da construção, desde a extracção e beneficiação das matérias primas, passando pelo planeamento, projecto e construção de edifícios e infra-estruturas, até à sua desconstrução final e gestão dos resíduos dela resultantes. É um processo holístico que visa restaurar e manter a harmonia entre o ambiente natural e o ambiente construído, criando, ao mesmo tempo, aglomerados humanos que reforcem a dignidade humana e encorajem a equidade económica". (in Agenda 21 para a Construção Sustentável)

Estas considerações e o despertar de consciência para a preservação do meio ambiente, contribuíram para um novo paradigma multidisciplinar. O desafio da sustentabilidade é assim, colocado a todos os sectores, sendo a construção um dos pilares desta nova abordagem, pois a construção é responsável por grande parte da utilização dos recursos naturais e gera cerca de 50% dos detritos.

Assim, no que diz respeito ao ambiente construído, a sustentabilidade entra directamente no campo de acção da Arquitectura. O seu resultado final influencia toda uma série de relações que têm um forte impacto sobre a sua envolvente. Ao serem colocadas novas premissas no campo de actuação desta disciplina, surgem também novos desafios para os arquitectos.

A introdução de materiais reciclados e recicláveis na construção, através do aproveitamento de resíduos provenientes tanto da construção como da demolição, a produção e auto gestão de recursos como a energia e a água, integrados na componente infraestrutural, permitirão

reduzir o impacto ambiental e melhorar o rendimento energético do edifício durante toda a sua vida útil.

Estas preocupações contribuem simultaneamente para o surgimento de novas metodologias de projecto. A aplicação de critérios de sustentabilidade na fase conceptual de projecto não resolverá o problema global do ambiente mas permitira com um elevado grau de certeza, a criação de ambientes mais saudáveis.

E assim nasce a motivação para a escolha do tema do presente trabalho, aproveitar a energia solar para promover a eficiência energética dos edifícios através de uma energia limpa e gratuita.

Nesse sentido, no capítulo I começamos por fazer uma abordagem histórica sobre a energia, onde são mencionados os tipos e as diferentes fontes de energia. Para entender a problemática dos consumos energéticos da construção, fazemos ainda uma análise aos consumos de energia e ao impacte da energia no meio ambiente.

No capítulo II, começamos com uma apresentação de parâmetros sobre eficiência energética em edifícios, nomeadamente sobre o isolamento, a orientação, a localização dos edifícios, os envidraçados e o sombreamento, a climatização e a ventilação natural. De seguida, fazemos uma exposição acerca da energia solar, nomeadamente sobre a energia solar passiva e activa. Pontos fulcrais do presente trabalho, pois pretende-se mostrar como se pode aproveitar a energia solar na Arquitectura, quer usando medidas passivas, quer usando medidas activas. Para isso, antes de mostrar como se pode aplicar e integrar energias renováveis na construção, fazemos uma caracterização dos sistemas solares térmicos e fotovoltaicos.

Assim, segue-se o capítulo III onde damos o exemplo do projecto BedZed do arquitecto Bill Dunster e do Edifício Solar XXI, do INETI, do arquitecto Pedro Cabrito.

No primeiro exemplo, temos um projecto de arquitectura sustentável, em que o edifício goza do aproveitamento da energia solar para climatização, aquecimento de água sanitária e ainda para produção de electricidade, ou seja, são aplicadas medidas activas (painéis solares térmicos e fotovoltaicos), e são também aplicadas medidas passivas no aproveitamento do Sol, para promover os ganhos solares. A intenção é a de captar, acumular e distribuir correctamente o calor para tornar o edifício mais eficiente do ponto de vista energético.

Por outro lado, no segundo exemplo, o Edifício Solar XXI, do INETI, é também ele um projecto de arquitectura sustentável, pois mantém as mesmas premissas referenciadas, ou seja, o aproveitamento e a aplicação de energias renováveis na construção, nomeadamente a energia solar.

Por fim, depois de apresentados os ditos exemplos, que nos dão uma visão realista do tema em análise, vamos de seguida, para o capítulo IV, com a análise de um projecto de recuperação. Este projecto, desenvolvido ao longo do ano lectivo, pretende mostrar que a recuperação, é por si só uma oportunidade de reabilitação urbana, que por sua vez, nos conduz ao desenvolvimento sustentado das cidades.

CAPÍTULO I.

I.1. A ENERGIA

A história da humanidade confunde-se com a história da energia, uma vez que a primeira forma de energia utilizada pelo Homem foi a do seu próprio corpo na luta pela sobrevivência.

Mas foi na pré – história que os homens das cavernas descobriram as utilidades do fogo para a sua alimentação, protecção e conforto (podiam cozinhar os alimentos, afastar os animais predadores e aquecer e iluminar as cavernas). Contudo, só quando um raio incendiava a vegetação (figura 1), é que o Homem podia utilizar o fogo, apanhava as madeiras em chamas e levava-as consigo, tentando prolongar o mais possível o período de tempo em que estas se mantinham acesas. Pelo menos, enquanto não descobriam a forma de fazer fogo.

A descoberta de como fazer fogo surge na pré – história (figura 2), quando o Homem percebe que, do atrito de pedras e madeiras resultam fagulhas que incendiam a palha seca. Começa assim o domínio do Homem sobre a produção de energia em benefício próprio (figura 3).

De acordo com os historiadores e arqueólogos, o domínio da produção do fogo foi um dos principais avanços da humanidade, colaborando para o desenvolvimento da raça humana.

Para esse desenvolvimento muito contribuiu o uso da energia dos animais para realizar trabalhos mais pesados, como arar a terra e transportar cargas e esta foi, sem dúvida, uma fase marcante da história da energia.



Figura 1– Relâmpago.

www.ageneal.pt



Figura 2– Descoberta do fogo.

www.techs.com

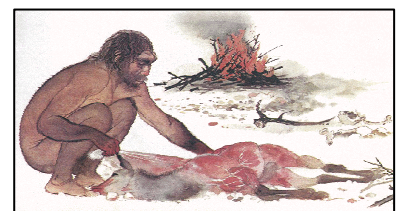


Figura 3– O domínio do Homem sobre a produção de energia.

www.historia.7.blogspot.com

By Sonia Cruz

Tais como outros acontecimentos que se seguiram ao longo do tempo, nomeadamente a energia dos ventos, que teve um papel preponderante na época dos descobrimentos, permitindo que os navegadores se aventurassem nas suas caravelas movidas pela força dos ventos (figura 4). A energia dos ventos foi ainda crucial para a transformação dos produtos primários, através dos moinhos de vento, que foram um dos primeiros processos industriais desenvolvidos pelo Homem (figura 5).

Todavia, o grande marco da utilização da energia pelo Homem aconteceu no decorrer do século XVIII, com a invenção da Máquina a Vapor, que deu início à era da Revolução Industrial na Europa (figura 6), marcando definitivamente o uso e a importância da energia nos tempos modernos. As invenções que se seguiram, como a locomotiva e os teares mecânicos foram das primeiras aplicações para o uso da energia das máquinas a vapor. Em seguida, vieram muitas outras, como os navios a vapor que foram fundamentais para o desenvolvimento do comércio mundial.

“Na segunda metade do século XIX inicia-se a utilização das novas fontes de energia – petróleo e electricidade -que seriam responsáveis pelo grande salto da humanidade. Actualmente, e em virtude das mudanças operadas, o Homem alcançou feitos imensuráveis (como por exemplo: ultrapassar as fronteiras do espaço), e pode ambicionar alcançar muito mais.” (em www.ageneal.pt)

A energia é um recurso imprescindível para que possa existir vida na Terra, convertendo-se nas mais diversas formas de impulsionar a vida, pode ser calor, movimento, luz, etc. Precisamos de energia para nos movermos, para comunicar, para assegurar o conforto das nossas casas, em suma, *“sempre que utilizamos o carro, ligamos o*



Figura 4– Caravela Vera Cruz no Rio Tejo, comemorações dos 150 Anos da Associação Naval de Lisboa.



Figura 5– Moinho de vento de tipo mediterrânico em Portugal. <http://pt.wikipedia.org>

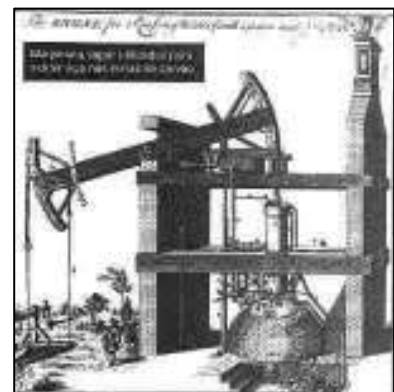


Figura 6– Máquina a vapor usada para extrair água nas minas de carvão. www.historianet.com

computador, fazemos o jantar, vemos televisão... estamos a utilizar energia.” (Guia Prático da Eficiência Energética, 2006, www.edp.pt)

Podemos assim, definir a energia “*como uma propriedade de todo o corpo ou sistema, graças à qual, a sua situação ou estado podem ser alterados ou, em alternativa podem actuar sobre outros corpos ou sistemas desencadeando nestes últimos processos de transformação. Esta propriedade manifesta-se de modos diferentes, ou seja, através das diferentes formas de energia que conhecemos (química, nuclear, mecânica, térmica, radiante e electricidade).*” (em www.ageneal.pt)

Desde os primórdios o Homem necessitou de energia para viver. A história da energia está então associada à modernização das sociedades, à possibilidade de comunicação entre comunidades geograficamente separadas, à intensidade da circulação de pessoas e mercadorias, a novos modos de organizar o espaço privado e o espaço público, à impregnação da tecnologia no quotidiano e ao despertar da consciência ecológica e social. “*Energia é certamente uma das mais importantes palavras-chave da Humanidade e do ambiente planetário. Dos combustíveis fósseis às diferentes formas de energia alternativa, existe um mundo de possibilidades, de interrogações e de pesquisa*”. (Alexandre Vaz, 2006, www.naturlink.pt).

Acompanhando a evolução da humanidade, houve uma crescente necessidade de “descobrir” ou usar diferentes formas e fontes de energia como veremos de seguida.

I.1.1. FORMAS DE ENERGIA

ENERGIA TÉRMICA

Quando falamos em energia, uma das primeiras manifestações que nos ocorre é o calor – energia térmica – (figura 7), que se manifesta quando existe uma diferença de temperatura entre dois corpos. Neste caso, a energia transmite-se sempre do corpo que tiver a temperatura mais alta para aquele ou aqueles que têm a temperatura mais baixa (como por exemplo: quando acendemos o esquentador para aquecer a água do banho).



Figura 7– Energia Térmica.
www.ageneal.pt

ENERGIA MECÂNICA

Manifesta-se pela transmissão de movimento a um corpo. Quando pedalamos uma bicicleta, por exemplo, estamos a conferir energia mecânica às rodas, fazendo com que estas se movimentem (figura 8).



Figura 8– Energia Mecânica.
www.expandindustria.pt

ENERGIA ELÉCTRICA

A matéria que constitui os corpos é constituída por partículas, denominadas átomos. Estes, por sua vez, são compostos por partículas ainda mais pequenas, os prótons e os neutrões, que formam o núcleo e ainda os electrões, que circulam à volta daquele. Consoante a sua natureza, um átomo pode ganhar ou perder electrões para outros átomos. Este movimento implica a transferência de uma determinada quantidade de energia, a qual se designa por energia eléctrica (figura 9). O fluxo de electrões propriamente dito é a corrente eléctrica. Quanto mais electrões se movimentarem no mesmo espaço, maior a



Figura 9– Energia Eléctrica.
www.ageneal.pt

intensidade da corrente. Alguns materiais transferem os electrões com maior facilidade do que outros (designam-se assim como materiais condutores e não – condutores).

ENERGIA RADIANTE

Manifesta-se sob a forma de luz, de radiação, e transmite-se através de ondas electromagnéticas (por exemplo: a energia proveniente do sol). Podemos encontrar energia radiante nos objectos que usamos no nosso dia-a-dia (por exemplo: as ondas de televisão, de rádio, etc.). A principal diferença, relativamente à energia térmica, mecânica e eléctrica, é que não é necessário um meio para concretizar a sua transferência, uma vez que a energia radiante se propaga no vazio (figura 10).



Figura 10– Energia Radiante.
www.ageneal.pt

ENERGIA QUÍMICA

As ligações moleculares comportam uma determinada quantidade de energia, variável com a natureza dos átomos envolvidos, a que se dá o nome de energia química. Os exemplos mais correntes da exploração deste tipo de energia são as pilhas e as baterias (figura 11).

A contribuição dos alimentos que ingerimos para o crescimento das células e para os movimentos que fazemos passa por reacções químicas que libertam energia, logo a energia química dá origem à vida e permite o desenvolvimento dos seres vivos.



Figura 11– Energia Química.
www.ageneal.pt

ENERGIA NUCLEAR

É a energia libertada durante a fusão ou fissão do núcleo atómico. A quantidade de energia que pode ser obtida

através destes processos, excede largamente aquela que pode ser obtida através de processos químicos que envolvem apenas as regiões externas dos núcleos, ou seja, envolvem apenas as ligações intermoleculares e não as intramoleculares.

Na fissão, um átomo de um elemento é dividido, produzindo dois átomos de menores dimensões de elementos diferentes. Enquanto que na fusão, dois átomos de pequenas dimensões se combinam originando um átomo de maiores dimensões, constituindo um elemento diferente. Em ambos os processos, a massa dos produtos (elementos finais) é inferior à massa dos elementos iniciais, sendo a diferença convertida em energia (figura 12).



Figura 12– Energia Nuclear.

www.ageneal.pt

Concluimos assim, que existem diversas formas de energia capazes de satisfazer as necessidades do Homem ao longo dos tempos, desde a forma mais simples de aproveitamento do calor (energia radiante) até à tecnologia mais avançada de produção de energia nuclear.

I.1.2. FONTES DE ENERGIA

As fontes de energia podem classificar-se em:

- fontes de energia primárias – quando ocorrem livremente na natureza (por exemplo: sol, água, vento, gás natural, petróleo bruto).
- fontes de energia secundárias – quando são obtidas a partir de outras (por exemplo: electricidade, gasolina, petróleo).

As fontes de energia primárias podem ser:

- fontes não renováveis, fósseis ou convencionais;
- fontes renováveis ou alternativas.

I.1.2.1. FONTES DE ENERGIA NÃO RENOVÁVEIS, FÓSSEIS OU CONVENCIONAIS

As fontes de energia não renováveis são aquelas que se encontram na natureza, em quantidades limitadas e se extinguem com a sua utilização. Consideram-se fontes de energia não renováveis os combustíveis fósseis, como o carvão, o petróleo, o gás natural e o urânio (figura 13).

Estas fontes de energia têm reservas finitas pois é necessário muito tempo para as repor, não há capacidade natural de renovação, tendo em conta o seu consumo rápido e em grandes quantidades.

Correntemente, as fontes de energia não renováveis são denominadas fontes de energia convencionais, pois o sistema energético actual assenta na utilização dos combustíveis fósseis. Por esse motivo, são frequentemente apelidadas de energias sujas, uma vez que a sua utilização causa importantes danos para o meio ambiente e para a sociedade (figura 14), como analisaremos no ponto seguinte deste capítulo (I 2). O impacto da energia no meio ambiente).

Nesse sentido, como um dos problemas mais graves é o denominado efeito estufa, o recurso à energia nuclear seria uma solução a considerar porque não são emitidos gases poluentes para a atmosfera. Contudo, os riscos inerentes à produção desta fonte de energia, bem como os elevados custos de construção e manutenção das instalações, contribuem para que o uso deste tipo de energia continue a ser encarada, por muitos, como desaconselhável.

Um sistema energético baseado na utilização de combustíveis fósseis origina ainda a dependência económica dos países não produtores das matérias-primas, como é o caso de Portugal. A alternativa para esta situação

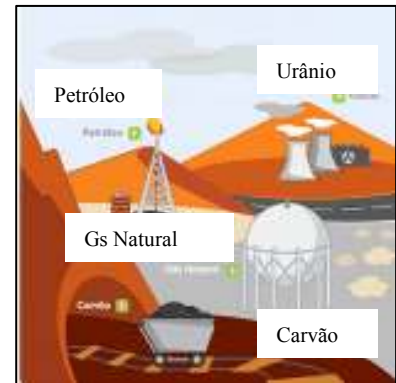


Figura 13– Fontes de energia não renováveis.

www.edp.pt



Figura 14 – O impacto da energia no meio ambiente.

www.ageneal.pt

são as energias renováveis, pois são geralmente consumidas no local onde são geradas, ou seja, são fontes de energia autóctones. Desta forma, é possível diminuir a dependência dos fornecimentos externos e contribuir para o equilíbrio interterritorial e para a criação de postos de trabalho em zonas mais deficitárias.

O rápido crescimento observado para o consumo energético, com todos os problemas inerentes ao actual modelo energético baseado nas energias não renováveis, fazem com que seja imprescindível propor um novo modelo, baseado na eficiência e na poupança energéticas e na implementação das energias renováveis. É importante ter em conta que os impactos ambientais, resultantes do modelo vigente, têm um grande custo socio-económico para a sociedade. Em virtude de um modelo energético insustentável, o homem está sujeito às consequências económicas que daí resultam, bem como, aos impactos negativos de destruição do meio ambiente.

CARVÃO

O carvão é uma rocha orgânica com propriedades combustíveis constituída, maioritariamente, por carbono (figura 15). A exploração de jazidas de carvão é feita em mais de 50 países, o que demonstra a sua abundância. Esta situação contribui, em grande parte, para que este combustível seja também o mais barato.

Inicialmente, o carvão era utilizado em todos os processos industriais e, ao nível doméstico, em fornos, fogões, etc. Foi, inclusive o primeiro combustível fóssil a ser utilizado para a produção de energia eléctrica nas centrais térmicas. Refira-se que, em 1950, o carvão cobria 60% das necessidades energéticas mundiais, mas actualmente esta



Figura 15– Combustível fóssil – Carvão.

www.ageneal.pt

percentagem sofreu uma redução significativa. Nos dias de hoje, devido ao petróleo e seus derivados, deixou de ser utilizado na indústria, com excepção da metalúrgica, e do sector doméstico. Estima-se que, com o actual ritmo de consumo, as reservas disponíveis durem para os próximos 120 /200 anos.

O principal problema da utilização do carvão prende-se com os poluentes resultantes da sua combustão. De facto, a sua queima, conduz à formação de cinzas, dióxido de carbono, dióxidos de enxofre e óxidos de azoto, em maiores quantidades do que os produzidos na combustão dos restantes combustíveis fósseis.

PETRÓLEO

O petróleo é um óleo mineral, de cor escura e cheiro forte, constituído basicamente por hidrocarbonetos. A refinação do petróleo bruto (ou crude) consiste na sua separação em diversos componentes e permite obter os mais variados combustíveis e matérias-primas (figura 16).

As primeiras fracções da refinação (isto é, os primeiros produtos obtidos) são os gases butano e o propano, que são separados e comercializados individualmente. No entanto, podem também ser misturados com o etano constituindo, assim, os gases de petróleo liquefeitos (GPL).

Um dos principais objectivos das refinarias é obter a maior quantidade possível de gasolina. Esta é a fracção mais utilizada do petróleo e, também, a mais rentável, tanto para a indústria de refinação, como para o Estado. Saliente-se que, todos os transportes, a nível mundial, dependem da gasolina, do “jet fuel” (usado pelos aviões) e do gasóleo. Por esta razão, as refinarias têm vindo a desenvolver, cada



Figura 16– Combustível fóssil – Petróleo.

www.ageneal.pt

vez mais, os processos de transformação das fracções mais pesadas do petróleo bruto em gasolina e gasóleo.

Estima-se que, com o actual ritmo de consumo, as reservas planetárias de petróleo se esgotem nos próximos 30 ou 40 anos.

Trata-se de um combustível muito nocivo para o ambiente em todas as fases do consumo:

- durante a extracção, devido à possibilidade de derrame no local da prospecção;
- durante o transporte, o perigo advém da falta de fiabilidade dos meios envolvidos, bem como, da utilização de infra-estruturas obsoletas;
- ao longo da refinação, o perigo de contaminação através dos resíduos das refinarias é uma realidade (figura 17);
- no momento da combustão, devido à emissão para a atmosfera de gases com efeito de estufa.

É ainda de salientar, que o petróleo, para além de ser uma das maiores fontes de poluição atmosférica é motivo de disputas económicas e de conflitos armados.

GÁS NATURAL

O gás natural é um combustível fóssil, com origem muito semelhante à do petróleo bruto, ou seja, formou-se durante milhões de anos a partir dos sedimentos de animais e plantas. Tal como o petróleo, encontra-se em jazidas subterrâneas, de onde é extraído. A principal diferença prende-se com a possibilidade de ser usado tal como é extraído na origem, sem necessidade de refinação (figura 18).

Constituído por pequenas moléculas apenas com carbono e hidrogénio, o gás natural apresenta uma combustão mais



Figura 17– Combustível fóssil – Petróleo – refinação.

www.ageneal.pt



Figura 18– Combustível fóssil – Gás Natural.

www.ageneal.pt

limpa do que qualquer outro derivado do petróleo. Acresce também, que no que respeita à emissão de gases com efeito de estufa (dióxido de carbono, dióxido de enxofre e óxidos de azoto), a combustão do gás natural apenas origina dióxido de carbono e uma quantidade de óxidos de azoto muito inferior à que resulta da combustão da gasolina ou do fuelóleo.

Actualmente, Portugal recebe o gás natural proveniente da Argélia através de gasoduto. Junto às zonas de consumo, urbano e/ou industrial, o gás natural passa dos gasodutos para as redes de distribuição, que são instaladas, regra geral, por baixo dos passeios ou das bermas das estradas, e através das quais chega a casa dos consumidores.

URÂNIO

A energia nuclear é produzida através das reacções de fissão ou fusão dos átomos, durante as quais são libertadas grandes quantidades de energia que podem ser utilizadas para produzir energia eléctrica. A fissão nuclear utiliza o urânio, um mineral presente na Terra em quantidades finitas, como combustível e consiste na partição de um núcleo pesado em dois núcleos de massa aproximadamente igual (figura 19).

Ainda que a quantidade de energia produzida através da fissão nuclear seja significativa, este processo apresenta problemas de difícil resolução:

- perigo de explosão nuclear e de fugas radioactivas;
- produção de resíduos radioactivos;
- contaminação radioactiva e poluição térmica.

Em alternativa, a energia nuclear pode também ser produzida através do processo de fusão nuclear, que consiste na união de dois núcleos leves para formar outro



Figura 19– Combustível fóssil – Urânio.

www.ageneal.pt

mais pesado e com menor conteúdo energético, através do qual se libertam também grandes quantidades de energia. Este processo envolve átomos leves, como os de deutério, trítio ou hidrogénio, que são substâncias muito abundantes na natureza.

De referir, que o impacto ambiental resultante do processo de fusão é muito menor, quando comparado com o da energia nuclear produzida por fissão. Actualmente, esta fonte de energia encontra-se ainda numa fase experimental, já que a tecnologia ainda não conseguiu criar reactores de fusão devido às altas temperaturas necessárias para levar a cabo o processo.

Enquanto não se conseguir encontrar uma forma segura de utilizar a energia nuclear e de proceder ao tratamento eficiente e durável dos resíduos resultantes desta actividade, esta continuará a ser encarada como um risco desaconselhável. Em Portugal, não existem centrais nucleares. No entanto, consumimos electricidade que provém delas. Ainda que as nossas centrais tenham capacidade para produzir energia eléctrica suficiente para suprir as necessidades actuais, a realidade é que, em alguns momentos ocorrem picos de consumo e é preciso importar energia. A Espanha é a nossa fornecedora de energia eléctrica nessas alturas.

Podemos concluir que desde sempre, o homem tem usado os recursos naturais, para satisfazer as suas necessidades. Actualmente, a procura de energia assenta fundamentalmente nas fontes de energia não renováveis, as quais têm tecnologia difundida, mas possuem um elevado impacto ambiental. Importa inverter esta tendência, tornando o seu consumo mais eficiente e substituindo-o gradualmente por energias renováveis limpas.

1.1.2.2. FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS OU ALTERNATIVAS

Como o próprio nome indica, uma fonte de energia renovável, é aquela que a curto ou médio prazo, espontaneamente, ou por intervenção humana, possa ser reposta e que, adquire assim, um carácter inesgotável. O mesmo será dizer que, uma fonte de energia é renovável quando não é possível estabelecer um fim temporal para a sua utilização (figura 20).

A utilização de energias alternativas torna-se substancialmente vantajosa por não serem poluentes e poderem ser exploradas localmente. A exploração local contribui para reduzir a importação de energia, isto é, atenua a dependência energética relativamente aos países produtores de energias fósseis, como o petróleo e gás natural.

“Numa altura em que o aquecimento global, produzido pela emissão indiscriminada de gases com efeito de estufa, se perfila enquanto ameaça crescente à vida na Terra, as energias respeitadoras do ambiente surgem como uma opção cada vez mais inadiável.” (Rita Copetto, Eng.^a/ Engystyle, 2007, pág. 90)

Contudo, as fontes de energias renováveis são ainda pouco utilizadas devido aos custos de instalação, à inexistência de tecnologias e redes de distribuição experimentadas e, em geral, ao desconhecimento e falta de sensibilização para o assunto por parte dos consumidores e dos municípios.

“No entanto, a energia alternativa é mais onerosa, os projectos requerem esforço adicional e as praticas correntes favorecem ainda o recurso generalizado aos combustíveis fósseis. É esse o status quo que desde já importa contrariar.” (Rita Copetto, Eng.^a/ Engystyle, 2007, pág. 89)

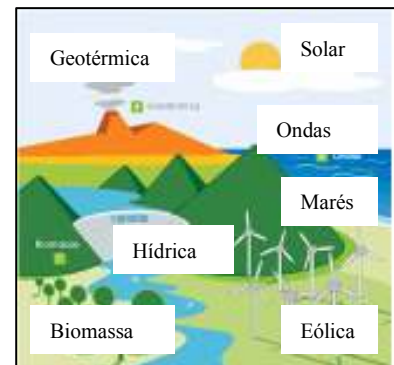


Figura 20– Fontes de energia renováveis.

www.ageneal.pt

ENERGIA SOLAR

Aproveitar a energia solar (figura 21) significa utilizá-la directamente para uma função, como seja aquecer um fluido (sistemas solares térmicos), promover a sua adequada utilização num edifício (sistemas solares passivos) ou produzir energia eléctrica (sistemas fotovoltaicos).

O nosso país é, a nível europeu, dos que tem mais horas de sol por ano: entre 2 200 a 3 000. Perante este cenário, seria natural que fôssemos, também um dos maiores consumidores de energia solar. No entanto, no nosso país existem cerca de 220 000 m² de painéis solares instalados, o que é muito pouco comparativamente com a Grécia, que tem 2,6 milhões m², e a mesma exposição solar.

O sol não só é uma fonte de energia inesgotável, como permite obter uma energia limpa e gratuita (após a instalação das unidades de captação e armazenamento). Embora sejam necessários sistemas auxiliares, que não utilizam energia renovável, ao nível de poluição é muito reduzido. Por outro lado, os sistemas de aproveitamento de energia solar são os mais acessíveis, monetariamente, ao consumidor.

Abordaremos este assunto mais detalhadamente no capítulo II ponto 2 do presente trabalho.

ENERGIA EÓLICA

O vento tem origem nas diferenças de pressão causadas pelo aquecimento diferencial da superfície terrestre, sendo influenciado por efeitos locais, como a orografia e a rugosidade do solo.



Figura 21– Fontes de energia renováveis – Energia Solar.
www.ageneal.pt

Há centenas de anos que a humanidade tenta utilizar a energia do vento. Pequenos moinhos têm servido para tarefas tão diversas como a moagem de cereais, bombear água (figura 22) e, mais recentemente, accionar turbinas para produzir electricidade.

Existem, basicamente, dois tipos de turbinas eólicas modernas:

- os sistemas de eixo horizontal são os mais conhecidos. Consistem numa estrutura sólida elevada, tipo torre, com duas ou três pás aerodinâmicas que podem ser orientadas de acordo com a direcção do vento (figura 23);
- os sistemas de eixo vertical são menos comuns, mas apresentam a vantagem de captarem vento de qualquer direcção (figura 24).

Apesar de não ser um dos países mais ventosos da Europa, Portugal tem condições bastante favoráveis ao aproveitamento da energia eólica do que, por exemplo, algumas zonas da Alemanha, onde os projectos se implementam a um ritmo impressionante. Os arquipélagos da Madeira e dos Açores constituem zonas de território nacional, onde o potencial eólico é muito elevado. Ainda que Portugal esteja já bem posicionado relativamente a outros países, e de as perspectivas actuais apontarem para um crescimento acentuado neste sector, está ainda muito aquém do seu potencial eólico. Este corresponde a mais de 3 500 MW quando, actualmente, apenas se encontram instalados cerca de 200 MW.

Os locais com regime de vento favorável encontram-se em montanhas e em zonas remotas. Daí que coincidam, em geral, com zonas servidas por redes eléctricas antigas e com fraca capacidade, dificultando o escoamento da energia produzida. As soluções imediatas para o problema



Figura 22– Moinho de vento – Ericeira – Portugal.

“ Arquitectura Popular em Portugal”, 1961, Vol. 2, pág. 164.



Figura 23– Energia Eólica – sistema de eixo horizontal, parque eólico de Sines.

By Jorge Cabral



Figura 24– Energia Eólica – sistema de eixo vertical.

<http://tironenunes.pt>

passam pela construção de linhas muito extensas, cujos custos tornam os projectos pouco atractivos.

De referir também, que existem implicações a nível ambiental que põem em causa a viabilização de alguns projectos, tais como o ruído, o impacto visual e a influência na avifauna.

Qualquer destes aspectos tem conhecido grandes desenvolvimentos. Quer seja através da condução de estudos sistemáticos que mostram serem exagerados os receios anunciados, quer através da consciencialização dos promotores para os cuidados a adoptar, na fase de construção, quer ainda pelas inovações tecnológicas que vão sendo incorporadas (perfis aerodinâmicos mais evoluídos, novos conceitos de regulação, máquinas de maior potência permitindo reduzir o número de unidades a instalar, etc.), a evolução é, claramente, no sentido da crescente compatibilização ambiental da tecnologia. Pelas razões anteriormente referidas, em grande parte dos casos, é exigido ao promotor de um parque eólico a realização de um estudo de incidências ambientais, cujo grau de profundidade depende da sensibilidade do local.

Além dos parques eólicos, os aerogeradores (figura 25) existentes em Portugal encontram-se em pequenos sistemas autónomos de produção de energia eléctrica. Estes estão, normalmente, integrados com sistemas fotovoltaicos para fornecer electricidade a habitações, a sistemas de telecomunicações e a sistemas de bombagem de água que se encontrem afastados da rede pública.

No Alentejo, no concelho de Ourique, foram electrificadas cinco aldeias, que contam com uma mini-rede de distribuição, alimentada por um sistema autónomo de produção de energia eléctrica, o qual é composto por um pequeno grupo de aerogeradores, associado a uma pequena



Figura 25– Energia Eólica – Aerogeradores domésticos.

www.4eolic.com

central de painéis fotovoltaicos. Esta rede abrange cerca de 60 habitações.

Uma outra possibilidade de aproveitamento da energia eólica consiste nos parques offshore (figura 26), instalados ao largo da costa marítima, de modo a tirar partido dos ventos fortes que caracterizam esta zona. Infelizmente, embora Portugal tenha uma ampla costa marítima, não reúne as melhores condições para este tipo de parque eólico, já que o mar é muito profundo a poucos metros da costa, o que dificultaria a implementação dos parques.

ENERGIA DA BIOMASSA

Trata-se de uma designação genérica que engloba o aproveitamento energético da matéria orgânica, ou seja, dos resíduos provenientes da limpeza das florestas, da agricultura e dos combustíveis resultantes da sua transformação (figura 27). A energia pode ser obtida através da combustão directa dos materiais ou duma transformação química ou biológica, de forma a aumentar o poder energético do biocombustível.

Existem vários aproveitamentos deste tipo de combustíveis, dos quais se salientam a combustão directa, o biogás, e os biocombustíveis:

Combustão Directa

A queima de resíduos florestais e agrícolas produz vapor de água, que, por sua vez, é canalizado para uma turbina, com o objectivo final de produzir electricidade (ex. Central térmica de Mortágua), (figura 28).

Biogás



Figura 26– Energia Eólica – Parque eólico – offshore – instalado ao largo da costa em Copenhaga.

By Leonard G.



Figura 27– Energia da Biomassa.

www.ageneal.pt



Figura 28– Central Termoelétrica de Mortágua.

www.energiasrenovaveis.com

O biogás é um gás combustível constituído, em média, por 60% de metano e 40% de CO₂, que é produzido através de um processo denominado digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos (figura 29), ou seja, pela utilização de bactérias capazes de decompor os resíduos, sem ser necessária a presença de oxigénio. As áreas potenciais principais de produção de biogás são as do sector agro-pecuário, da indústria agro-alimentar, das ETAR municipais e dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e a sua queima pode ser feita em pequenas instalações, para produzir energia eléctrica. Uma vantagem resultante da combustão do biogás é a possibilidade de eliminar o metano, que é um dos gases que contribui para o efeito de estufa.



Figura 29– Instalação para o tratamento de efluentes de descasque de sementes de alfarroba.

www.energiasrenovaveis.com

Biocombustíveis

Englobam-se os ésteres metílicos (biodiesel) e os alcoóis. Através da transformação de certos óleos vegetais, como o de girassol (figura 30), colza, milho, palma ou amendoim obtém-se um biodiesel que pode ser misturado com o gasóleo e alimentar motores deste tipo. Outra fonte de matéria-prima é a recuperação dos óleos usados em frituras (restauração, cantinas), mediante uma recolha selectiva. Estes óleos podem ser facilmente transformados em biocombustível, tendo como vantagem acrescida a eliminação de uma fonte de poluição.

Nos casos mais comuns e nos projectos-piloto desenvolvidos em Portugal (por ex. autocarros em Évora e Lisboa) tem-se substituído 5% do gasóleo por estes ésteres, sem que os motores percam eficiência. Mas os estudos efectuados revelam que é possível substituir até cerca de 30% o gasóleo. O mesmo tipo de substituição pode ser



Figura 30– Plantação de girassóis para a produção de energia – biocombustíveis.

www.ageneal.pt

efectuado na gasolina, mas em menor escala (apenas 5% a 10%) e usando alcoóis em vez de ésteres.

Actualmente, o custo final do litro de biodiesel é muito elevado porque:

- a produção nacional de girassol e de colza não é suficiente;
- a produtividade agrícola é muito baixa, devido aos processos de cultivo e ao tipo de solos;
- o custo da recolha e do transporte da matéria-prima é elevado, etc.

ENERGIA GEOTÉRMICA

Caracteriza-se por ser a energia térmica proveniente do interior da Terra. Os vulcões, as fontes termais e as fumarolas (por ex. nos Açores), (figura 31) são manifestações conhecidas desta fonte de energia. Actualmente, é utilizada em estações termais para fins medicinais e de lazer (figura 32), mas também pode ser utilizada no aquecimento ambiente e de águas sanitárias, bem como, estufas e instalações industriais.

Numa central de energia geotérmica, tira-se partido do calor existente nas camadas interiores da Terra, para produzir o vapor que vai accionar a turbina. Na prática, são criados canais suficientemente profundos para aproveitar o aumento da temperatura, e injecta-se-lhes água. Esta, por sua vez, transforma-se em vapor (que é submetido a um processo de purificação antes de ser utilizado) e volta à superfície, onde é canalizada para a turbina.

Em Portugal, existem alguns exemplos de aproveitamento deste tipo de energia. É o caso da central geotérmica da Ribeira Grande, no arquipélago dos Açores (figura 33), que produz energia eléctrica com potencial para garantir, na sua



Figura 31– Fumarolas – aproveitamento da energia proveniente do interior da Terra, Açores
www.ageneal.pt



Figura 32– Estações termais para fins medicinais e de lazer.
www.ageneal.pt



Figura 33– Central Geotérmica Industrial da Ribeira Grande, S. Miguel, Açores.

By José Manuel Monteiro da Silva

fase final, o fornecimento de 50 a 60% das necessidades de energia eléctrica da ilha de São Miguel (actualmente já assegura cerca de 29%).

As principais vantagens desta fonte de energia são o facto de não ser poluente e das centrais não necessitarem de muito espaço, de forma que o impacte ambiental é bastante reduzido. Ainda que apresente também alguns inconvenientes, como por exemplo, o facto de não existirem muitos locais onde seja viável a instalação de uma central geotérmica, dado que é necessário um determinado tipo de solo, bem como a disponibilidade de temperatura elevada no local até onde seja possível perfurar. Ao perfurar as camadas mais profundas, é possível que sejam libertados gases e minerais perigosos, o que pode pôr em causa a segurança das pessoas que vivem e trabalham perto desse local.

ENERGIA HÍDRICA

O aproveitamento dos cursos de água, para a produção de energia eléctrica, é o melhor exemplo de sucesso de utilização de energias renováveis em Portugal, nomeadamente através dos moinhos de maré (figura 34), de barragens, etc.

No decorrer do século XX, a produção de hidroelectricidade foi efectuada principalmente através da construção de barragens de grande ou média capacidade. O princípio de funcionamento destas centrais é muito simples (figura 35). Consiste em converter a energia mecânica existente num curso de água, como um rio, em energia eléctrica, que pode ser transportada em grandes distâncias e finalmente, usada nas nossas casas. Para aumentar o potencial do curso de água, constroem-se barragens, cujo



Figura 34– Moinho de Maré em Palhais, Portugal.

“ Arquitectura Popular em Portugal”, 1961, Vol. 2, pág. 202.

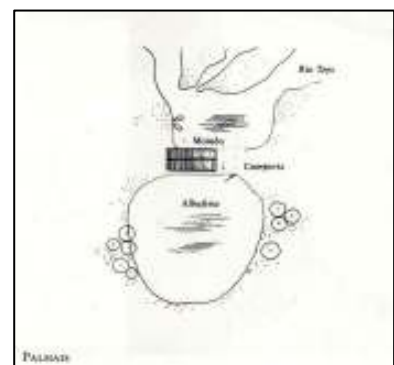


Figura 35– Moinho de Maré em Palhais, Portugal – princípio de funcionamento (em planta).

“ Arquitectura Popular em Portugal”, 1961, Vol. 2, pág. 203.

propósito é reter a maior quantidade de água possível e criar um desnível acentuado.

Recentemente, a energia da água tem sido aproveitada por mini ou micro hídricas (figura 36). Estas são pequenos açudes ou barragens, que desviam uma parte do caudal do rio, devolvendo-o num local desnivelado (onde estão instaladas turbinas), e produzindo, assim, electricidade.

Actualmente, uma parte significativa da energia eléctrica consumida em Portugal tem origem hídrica. No entanto, é preciso não esquecer que a produção deste tipo de energia está directamente dependente da chuva. Quando a precipitação é mais abundante, a contribuição destas centrais atinge os 40%. Pelo contrário, nos anos mais secos, apenas 20% da energia total consumida provém dos recursos hídricos.

ENERGIA DOS OCEANOS

O potencial de energia das marés e das ondas aguarda por avanços técnicos e tecnológicos que permitam uma maior aplicação. Ambas podem ser convertidas em energia eléctrica, usando diferentes tecnologias.

As zonas costeiras portuguesas (em especial a costa ocidental do continente e as ilhas dos Açores) têm condições naturais muito favoráveis para o aproveitamento da energia das ondas. Infelizmente, as tecnologias de conversão desta energia estão ainda em fase de desenvolvimento. Apesar deste facto, Portugal é um dos países pioneiros, com duas centrais de aproveitamento da energia das ondas, uma delas na ilha do Pico (junto à costa), (figura 37 da página anterior) e a outra em Castelo de Neiva (no mar).



Figura 36– Central minihídrica -Barragem de aproveitamento hidroeléctrico de Paredes.

www.energiasrenovaveis.com



Figura 37– Protótipo de aproveitamento da energia das ondas tipo coluna de água oscilante, Ilha do Pico, Açores

www.energiasrenovaveis.com

Numa central de aproveitamento da energia das ondas, tira-se partido do seu movimento oscilatório, criando câmaras ou colunas em zonas costeiras. Essas câmaras estão, parcialmente, cheias de água, e têm um canal aberto para o exterior por onde entra e sai ar. Quando a onda se aproxima, a água que está dentro da câmara sobe, empurrando o ar para fora, através do canal. Quando a onda desce, dá-se o movimento contrário. No canal de comunicação de entrada e saída do ar existe uma turbina que se move, consoante o movimento do ar na câmara. Tal como nos outros casos, a turbina está ligada ao gerador eléctrico, produzindo electricidade (figura 38).

Outra forma de aproveitar a energia dos oceanos é tirando partido do movimento constante das marés. As centrais de aproveitamento da energia das marés funcionam de forma semelhante às barragens hidroeléctricas. De tal forma, que implicam a construção de grandes barragens, atravessando um rio ou um estuário. Quando a maré entra ou sai da foz do rio, a água passa através de túneis abertos na barragem. As turbinas, colocadas nesses túneis, movimentam-se consoante as idas e vindas das marés. Refira-se que, ao largo de Viana do Castelo, existe uma barragem que aproveita a energia das marés (figura 39).

No entanto, saliente-se que a implementação de ambas as centrais são bastante complicadas. No caso do aproveitamento da energia das ondas, é necessário escolher locais onde estas sejam continuamente altas, o que significa que a central de suportar condições adversas e muito rigorosas. No caso das marés, as barragens também têm de ser bastante resistentes. Além de que, ocuparão uma área maior do que no caso das ondas, o que tem implicações ambientais associadas, por exemplo, à renovação dos leitos dos rios (figura 40).

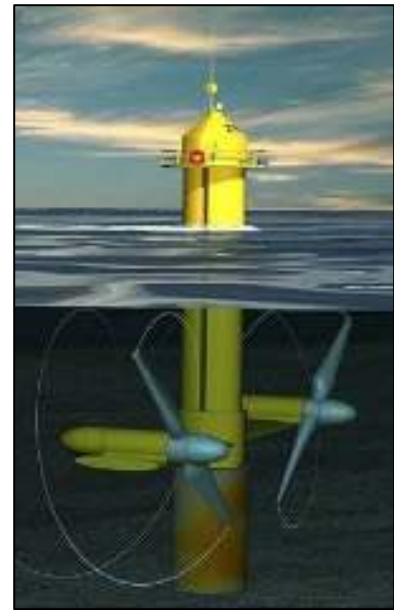


Figura 38– Princípio de funcionamento para aproveitamento da energia das ondas tipo coluna de água oscilante.

www.energiasrenovaveis.com



Figura 39– Protótipo de aproveitamento da energia das marés AWS (Archimedes Wave Swing), Viana do Castelo

www.energiasrenovaveis.com



Figura 40– Aproveitamento da energia das marés.

www.ageneal.pt

Após a análise das fontes de energias renováveis, podemos entender o vasto leque de possibilidades que estas nos proporcionam, bem como as inúmeras vantagens do seu uso e aplicação, tendo sempre presente que estamos perante fontes de energia inesgotáveis e amigas do ambiente.

No que respeita à arquitectura, a aplicação e uso das energias alternativas revelam-se essenciais para seguirmos o caminho da sustentabilidade. E como foi referido, temos imensas opções, desde o aproveitamento do sol para produção de energia (solar fotovoltaico aplicado nos edifícios) como a aplicação dos painéis solares térmicos para aquecimento de água e climatização das construções (como veremos no capítulo II), ou ainda a energia eólica para produção de energia, através de mini turbinas aplicadas nas habitações.

Actualmente, atendemos à maioria das nossas necessidades de energia queimando combustíveis fósseis como o carvão, petróleo e gás. A cada dia são libertados milhões de toneladas de óxido nítrico, dióxido sulfúrico, monóxido de carbono, agentes indutores de efeito de estufa que a ciência vincula ao “cada dia mais perceptível” aquecimento global (o impacte ambiental que estudaremos no ponto seguinte), logo, as energias renováveis são consideradas alternativas ao modelo energético tradicional, tanto pela sua disponibilidade, presente e futura, garantida, como pelo seu menor impacto ambiental. Tornando-se assim uma alternativa urgente, face aos combustíveis fósseis que, como veremos de seguida, são deveras nefastos para o ambiente.

I.2. O IMPACTE DA ENERGIA NO MEIO AMBIENTE

Até há, sensivelmente, meio milhão de anos, o homem inseria-se no meio ambiente de uma forma mais ou menos equilibrada (alimentando-se de produtos naturais e plantas), sendo a energia transferida para os predadores e decompositores idêntica à soma do valor energético dos produtos consumidos.

A descoberta do fogo é denominada por Boyden (1981) como o primeiro “*marco tecnológico e ecológico*” (S. Boyden, 1981, pág. 178-184). A sua utilização para aquecer e cozinhar os alimentos, proporcionou o desencadear dos primeiros impactes significativos no ecossistema e de graves incompatibilidades entre o homem e o meio ambiente que se perpetuaram e agudizaram até aos dias de hoje.

A revolução industrial, desencadeada há cerca de 150 anos marcou o início de uma segunda etapa de intervenção do homem no ecossistema, cuja magnitude e importância passou a ser substancialmente maior (figura 41). O consumo de energia aumentou a um ritmo sem precedentes e deixou de se cingir à combustão da madeira, para passar à utilização do carvão, dos derivados de petróleo, da água e, recentemente, das reacções termonucleares.

Até à década de 50, vingava a ideia de que os recursos naturais existiam para ser usados e de que a tecnologia resolveria todas as possíveis contrariedades, como por exemplo, a substituição das matérias – primas e fontes energéticas, à medida que se fossem esgotando.

Contudo, entre 1950 e 1973, acontece a primeira crise do petróleo (figura 42), (produto responsável por 40% da geração de energia global), seguindo-se a segunda crise,



Figura 41– A abertura do primeiro troço ferroviário ao Sul do Tejo – entre o Barreiro e Vendas Novas – em 1861.

Câmara Municipal do Barreiro



Figura 42– Petróleo – produto responsável por 40% da energia global.

Universidade do porto

By Ana Correia Costa

(provocada pela revolução Islâmica do Irão), em 1979, que gerou um novo corte de produção. Foram 6 anos de recessão mundial. A guerra do Golfo, em 1991, provocou a terceira grande crise que, felizmente, durou pouco.

Durante este período, assistiu-se ao despertar da pesquisa por novos paradigmas energéticos, principalmente nos países desenvolvidos e, nomeadamente, para a utilização de energias alternativas, até porque se sabe que a produção mundial de petróleo chegará ao ápice em 2040 e, só então, começará a decrescer.

Mas, a situação geo-estratégica, económica e política da nossa actualidade continua a manifestar um “apetite” pelo combustível fóssil que predomina na cadeia de transformação industrial de todo o planeta – o petróleo (figura 43).

A procura ainda mais voraz é motivada pelas tensões criadas após o 11 de Setembro de 2001, pela abertura ao mercado global de potências emergentes como a China e Índia, pelo conflito Iraquiano e, mais recentemente, pelo braço de ferro entre os EUA e o Irão (4º produtor mundial de petróleo). Estes factores têm contribuído para a subida vertiginosa dos preços, o que, para países muito dependentes da energia fóssil, como é o caso específico de Portugal, coloca as perspectivas futuras com uma visão pouco animadora.

Já não constitui novidade que as cadeias de consumo do novo cenário global, além de estarem a reduzir drasticamente os recursos naturais, estão a contribuir para uma situação alarmante dos níveis de poluição, reflectindo-se no aquecimento global do planeta, na diminuição da camada de ozono e consequentes alterações climáticas.

Uma das consequências mais graves e nefastas para o ambiente é o aumento de efeito de estufa (figura 44), que



Figura 43– O mundo pode estar à beira de um novo choque petrolífero devido ao elevado consumo de crude.

www.fabricadeconteudos.com

By Nuno Ribeiro Silva, ex. – Secretário de Estado da Energia

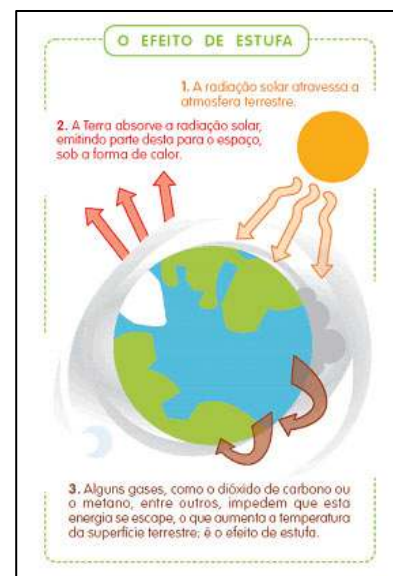


Figura 44– Efeito de estufa.

www.ecoedp.pt

tem origem nas elevadas emissões de alguns gases para a atmosfera terrestre, resultantes da combustão de recursos fósseis, como o petróleo ou o carvão.

Se por um lado, o efeito de estufa mantém a superfície da Terra aquecida e com uma temperatura amena, por outro, a excessiva concentração de dióxido de carbono e outros gases na atmosfera terrestre, reduz a libertação de calor para o espaço, provocando um aumento médio desta temperatura e um aquecimento do Planeta.

As consequências deste aquecimento tornam-se também cada vez mais evidentes ao nível das alterações climáticas globais e regionais, verificadas ao longo das últimas décadas.

A menos que os comportamentos mudem, será difícil inverter a situação. Entre várias medidas possíveis, é cada vez mais importante a aposta de diversos países na redução das emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE).

Neste sentido, foi proposto em 1997 o Protocolo de Quioto (figura 45), fruto de uma convenção internacional sobre alterações climáticas que, no quadro da ONU, vincula os participantes a cumprirem metas de redução das emissões de GEE até 2010.

Ao assinar o Protocolo de Quioto, a Europa assumiu o compromisso de reduzir as suas emissões de gases com efeito de estufa em 8% relativamente a 1990, durante o período de 2008 e 2012.

Como a situação geográfica e económico-social dos diversos Estados Membros é diversa, foi celebrado um acordo de objectivo comum e partilha de responsabilidades entre os diferentes Estados. Desta forma, o esforço que é pedido a Portugal não é o mesmo que é pedido à Alemanha ou ao Reino Unido (figura 46 da página seguinte).



Figura 45– Mapa do Protocolo de Quioto 2005.

Verde : Países que rectificaram o protocolo.

Amarelo : Países que rectificaram, mas ainda não cumpriram o protocolo.

Vermelho : Países que não rectificaram o protocolo.

Cinzento : Países que não assumiram nenhuma posição no protocolo.

By Alinor, E Pluribus Anthony on en.wikipedia

http://pt.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Quioto

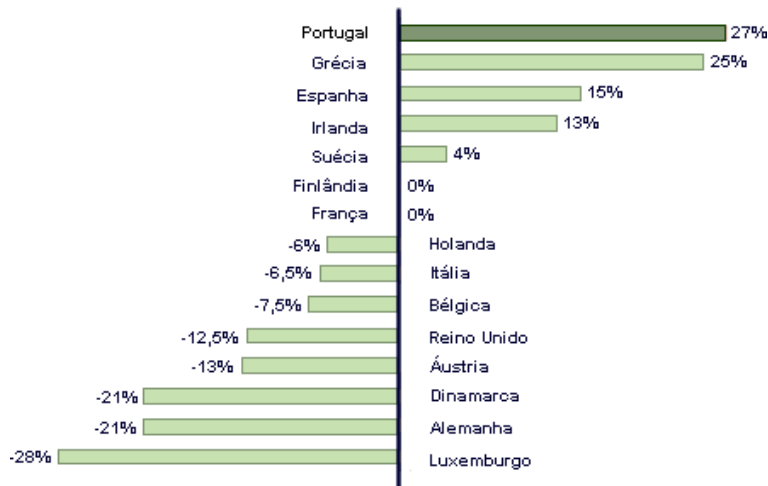


Figura 46– Metas do Protocolo de Quioto.

www.ecoedp.pt

Ao abrigo do acordo de "partilha de responsabilidades", Portugal acordou em aumentar as emissões de GEE em 27% nesse período.

Mesmo assim, o objectivo está longe de ser alcançado.

Em 2003, por exemplo, as emissões nacionais excederam em cerca de 9% o valor acordado no Protocolo de Quioto. Torna-se portanto fundamental que haja um esforço, à escala nacional, para reduzir as emissões de GEE, a fim de cumprir a meta dos 27%.

Mas apesar da sua importância, o cumprimento do Protocolo de Quioto não é, obviamente, a solução que porá fim a todos os problemas: refira-se que $\frac{3}{4}$ das emissões de CO₂, enviadas para a atmosfera, são devidas à queima de combustíveis fósseis. Assim, uma alternativa ao modelo actual consiste em promover o uso das energias renováveis e, obviamente, pressupõe que se abandonem hábitos de consumo incorrectos, privilegiando a eficiência energética e a utilização racional da energia, nomeadamente nos edifícios.

O sector industrial da construção sempre foi uma alavanca económica para gerar riqueza. No entanto, também tem contribuído para o aumento do consumo de recursos naturais e para a conseqüente transformação, de forma abrupta e pouco cuidada, do entorno natural. A nível nacional, esta actividade também não foge à regra, e de

acordo com o último relatório do Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável, a percentagem do consumo de materiais e energia para a construção de raiz é de 50%.

Em Portugal, 28% da energia consumida e 59% da electricidade gasta, verifica-se na utilização dos edifícios, estando por isso na base das emissões de CO₂ e outros poluentes que afectam negativamente o ambiente. Grande parte desta energia refere-se aos sistemas de climatização, na maioria das vezes eléctricos, aplicados no interior dos edifícios, para proporcionar conforto térmico necessário à qualidade do habitat humano (figura 47).

“Para contrariar estes valores, estão a implementar-se medidas que seguem as mais recentes directivas da União Europeia, nomeadamente a Agenda 21, um programa criado pelo International Council for Research and Innovation in Building and Construction. A génese deste documento surgiu na conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUED) realizada de 03 a 14 de Junho de 1992, na cidade do Rio de Janeiro, no Brasil.” (Graça Bachman, Arquitecta, 2006)

Estas novas regras, têm por objectivo dotar a actividade da construção com mecanismos de gestão que permitam uma eficácia geral, desde a fase final de existência, reaproveitando todos os resíduos que possam ser utilizados para outros fins.

Para se poderem cumprir estes objectivos, foi aprovado muito recentemente o Decreto-lei nº 78/2006 de 4 de Abril, que cria o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, designado por SCE, o Decreto-lei nº 79/2006 de 4 de Abril, que regula os Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE), bem como o Regulamento das Características do



Figura 47– Ar Condicionado – aparelhos eléctricos de climatização.

<http://www.mitsubishielectric.pt/>

Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) _ Decreto-lei nº 80/2006 de 4 de Abril. Todos estes Decretos-lei transpõem, parcialmente, para a lei portuguesa a directiva europeia 2002/91/CE. As condições em que os futuros edifícios vão ser construídos, serão de maior rigor e controlo energético, permitindo um maior conforto e eficiência (na ordem dos 30%) reduzindo gradualmente a dependência dos combustíveis fósseis, e implementando certificados que garantirão a qualidade energética e construtiva dos novos edifícios (figura 48).

Assim, “a Arquitectura, como processo que envolve várias actividades, não deve ser imposta à Natureza, mas incluir uma preocupação global em relação ao ambiente, pensando a montante e a jusante de todo o processo, gerindo de forma racional e equilibrada os recursos disponíveis”. (Aline Delgado, Quercus, 2006)

Cabe ao arquitecto considerar, logo de início, a projecção de edifícios que aproveitem as energias renováveis, como elementos de composição no desenho do próprio edifício, minimizando o consumo de energias mais poluentes (figura 49).

“A responsabilidade de quem cria, de quem projecta, passa também pelo uso eficiente de materiais e do saber devolve-los à natureza com o mínimo impacte ambiental. Conhecer o espaço e projectar para ele é um princípio básico da Arquitectura e, intrinsecamente, o usar os materiais mais adequados àquele espaço é igualmente básico. O Arquitecto é pois, responsável pelo uso eficiente de recursos nas suas criações. É sua a responsabilidade de conservar e preservar esses recursos e usá-los de forma económica e racional para que, nem os renováveis se extingam por mau uso, nem os não renováveis se extingam rapidamente”. (Aline Delgado, Quercus, 2006)



Figura 48– Casa Solar – em Freixo de Espada à Cinta, foi um dos projectos pioneiros de auto-suficiência com a utilização de energias renováveis.

<http://www.acm.lda.pt>



Figura 49– Solar XXI – Novo edifício do Instituto Nacional de Tecnologia e Inovação (INETI), é um projecto de demonstração pioneiro em Portugal sobre a aplicação de energias renováveis.

<http://www.construirportugal.com>

Deve-se utilizar, tanto quanto possível, materiais de origem local ou sustentáveis, que justifiquem a sua adequação àquele projecto. As preocupações ambientais do Arquitecto, no sentido de uma Arquitectura mais sustentável, que tende a gerir de forma racional e equilibrada os recursos disponíveis, deve agora incluir a relação do ciclo de vida dos materiais utilizados, com o próprio ciclo de vida do futuro espaço construído, sendo a selecção dos materiais feita com base numa avaliação da origem da matéria-prima, produção, distribuição, utilização e destino final, pretendendo representar em todas as suas etapas o menor impacte ambiental possível que lhe está implícito.

O conjunto de normativos referenciados constituem um momento histórico das sociedades contemporâneas manifesta assim uma necessidade urgente de alteração comportamental no uso e produção de energia. Estamos perante uma transformação de paradigma energético que, através de reforço da produção de energias alternativas e mais “limpas” como a eólica, a geotérmica, a hídrica, a solar e a biomassa, transformará gradualmente todos os sectores da vida humana.

Nesta matéria, a Arquitectura como processo multidisciplinar, tem um papel preponderante. O conhecer o local e projectar para ele deve não só responder às características locais mas também às características de um clima, respondendo às solicitações de conforto térmico de forma natural. Deve-se utilizar, tanto quanto possível, materiais de origem local ou sustentáveis, que justifiquem a sua adequação aquele projecto.

“ Na ultima década, o sector da energia em Portugal deparou-se com diversos desafios, decorrentes não só da alteração do seu enquadramento interno (normativo e de

funcionamento), e da diversificação das origens de energia, mas igualmente derivados da globalização dos mercados, do aumento dos preços internacionais e dos compromissos assumidos ao nível ambiental, entre outros aspectos que alteram o mercado de energia em Portugal, face ao que se verificava no início da última década do século XX.” (José Penedos, presidente da Associação Portuguesa de Energia, www.apenergia.pt)

I.3. O CONSUMO DE ENERGIA

O consumo de energia no mundo resume-se, na sua grande maioria, ao uso de fontes de energias tradicionais como o petróleo, o carvão mineral e o gás natural. Tais fontes, como já vimos anteriormente, são poluentes e não – renováveis, logo, o seu rápido e cada vez maior consumo faz-nos perceber que esta é uma situação insustentável.

Actualmente, a União Europeia é o maior importador de energia do mundo, com 15% do total. No caso português, à semelhança de quase todos os países europeus, praticamente toda a energia consumida é importada. O ano de 2005 ainda acentuou mais essa tendência, pois foi um ano de baixa produção hidroeléctrica devido à seca.

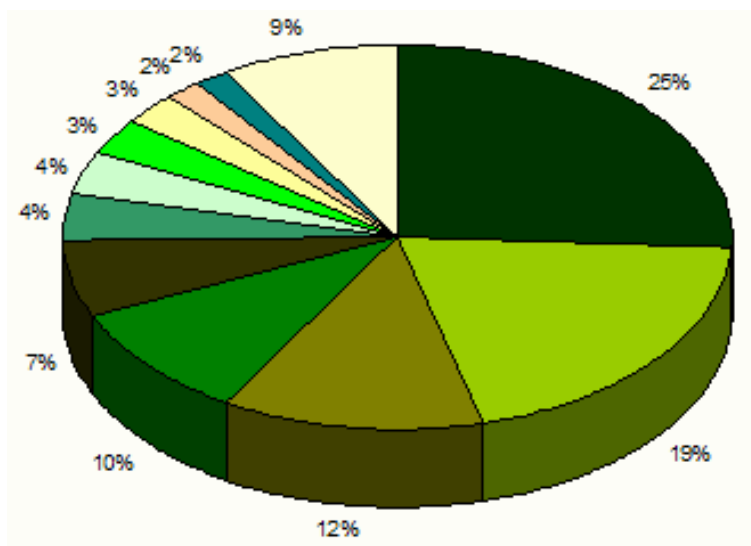


Figura 50– Importações de petróleo da UE em 2004.

25%_ Rússia
 19%_ Nigéria
 12%_ Arábia Saudita
 10%_ Líbia
 7%_ Irão
 4%_ Kazaquistão
 4%_ Argélia
 3%_ Noruega
 3%_ Iraque
 2%_ México
 2%_ Síria
 9%_ Outros
<http://www.4eolic.com>

Como se pode ver na figura 50 da página anterior, a UE tem na Rússia, na Nigéria, Arábia Saudita e no Irão os maiores fornecedores de petróleo. Das reservas de petróleo do mundo 67% estão concentradas no Médio Oriente. Devido à instabilidade política da região, ocorrem crises de produção e distribuição, causando grandes distúrbios no mercado, com aumentos de preços e mudança de ramo de consumo.



Figura 51– Variação do custo de petróleo entre 1970 e 2006.

<http://www.immosolar.com>

Na figura 51 podemos ver a evolução do custo do barril de petróleo entre 1970 a 2006, e concluímos que, nos últimos anos, o aumento foi substancial e manifesta tendência para subir ainda mais. O principal aumento dos preços dos últimos anos deve-se à explosão do aumento do consumo de petróleo nos países de forte crescimento económico, como a China e a Índia. Nesses países, a tendência para o progresso e para a mobilidade mantém-se inalterada e, por isso, o consumo de petróleo irá continuar a aumentar ainda mais nos próximos anos. A par disso, os acontecimentos e o desenvolvimento globais fizeram e fazem com que haja sempre novas subidas nos preços, que são mais do que prováveis, também no futuro, se contarmos com as catástrofes naturais: só os furacões “Ivan” (2004) e “Katrina” (2005) obrigaram a parar uma grande parte da

exploração e da refinação de petróleo no Golfo do México semanas a fio. As modificações no clima mundial irão continuar a ser a causa da acumulação de catástrofes atmosféricas extremas, pois como já vimos anteriormente, o aumento de emissões de gases com efeito de estufa para o meio ambiente é cada vez maior. E esta situação, tal como já foi referido, deve-se em grande parte ao consumo de energia no sector doméstico, ou seja, nos edifícios. Nos países industrializados as emissões médias, por residência são de oito toneladas por ano.

O conhecimento dos nossos consumos, mais precisamente das situações responsáveis pelos maiores consumos, é essencial para termos uma abordagem eficaz desta problemática.

Através da utilização consciente dos recursos energéticos podemos reduzir significativamente os consumos, bastando, para tal, a adopção de procedimentos adequados para o efeito.

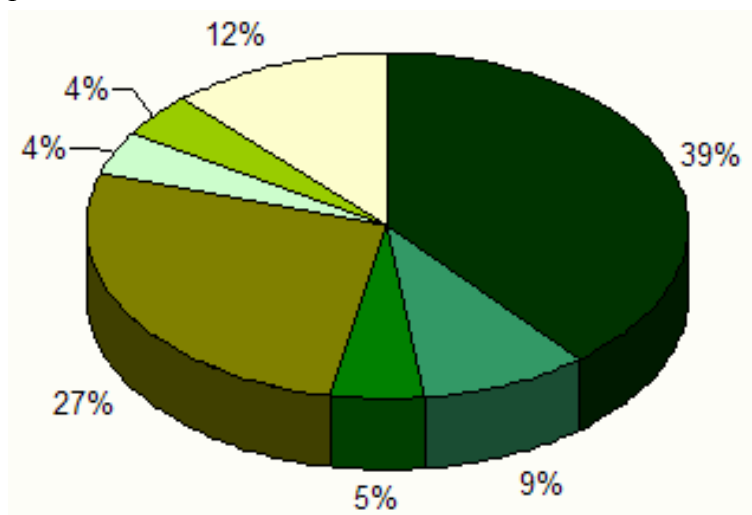
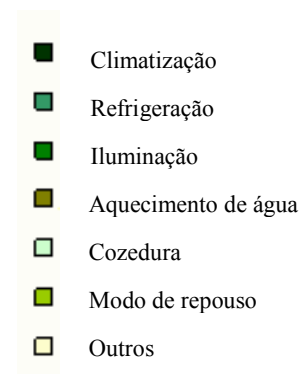


Figura 52– Consumo doméstico relativo de energia.

<http://www.4eolic.com>



Como se pode ver na figura 52, os edifícios consomem uma grande parte de energia para climatização e aquecimento de água. Esses consumos resultam do uso de combustíveis fósseis, que, como já sabemos, contribuem para o aumento do efeito estufa, como se pode ver na figura 53 da página seguinte.

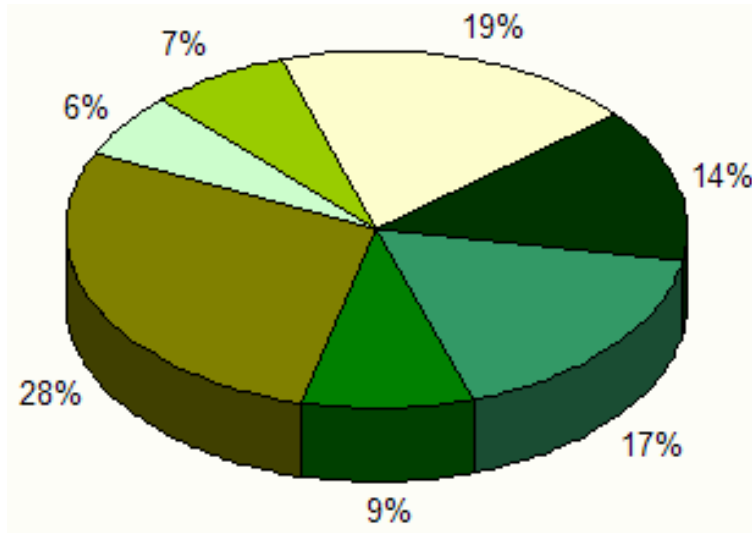
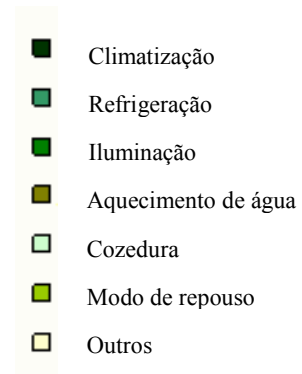


Figura 53– Gases de efeito estufa do consumo doméstico de energia.

<http://www.4eolic.com>



Esta situação deveria ser motivo mais do que suficiente para reflectirmos sobre as alternativas possíveis aos combustíveis fósseis e, para nos deixarmos influenciar pelos aspectos anteriormente mencionados relativamente à projecção de edifícios e à utilização mais eficiente da energia, nomeadamente ao uso e aproveitamento de energias renováveis. O calor do solo e a radiação solar trazem-nos a independência de que precisamos dos mercados mundiais.

Para isso, devemos apostar na utilização, divulgação e aplicação de alternativas viáveis como as energias renováveis, como por exemplo a energia eólica ou o aproveitamento da energia solar, através de sistemas térmicos e fotovoltaicos, para aquecimento de água e produção de energia).

O programa água quente solar da União Europeia, prevê a instalação de 1 milhão de metros quadrados de painéis solares térmicos até 2010. De acordo com a União Europeia, a área coberta por painéis solares térmicos é de 109 200 m². Existem países com menor potencial para este tipo de tecnologia, onde ela está amplamente difundida é o caso da Áustria, só ultrapassada pela Grécia e a Alemanha. A Grécia com um potencial semelhante ao português tem uma taxa de implementação 26 vezes superior, de acordo

com União Europeia, como podemos observar na figura 54.

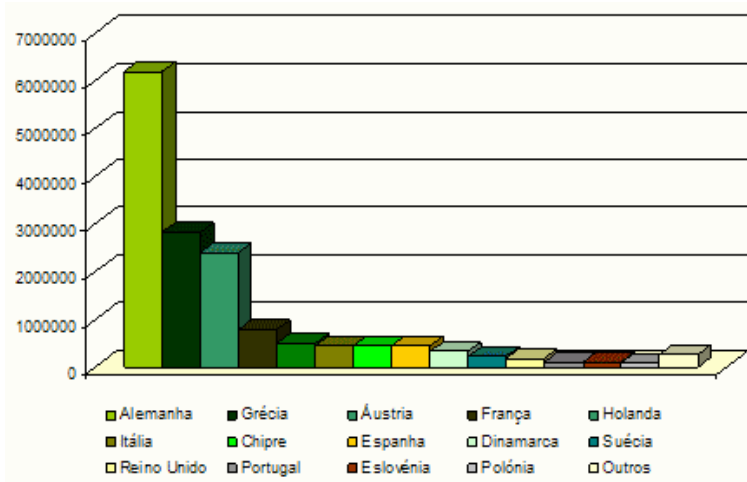


Figura 54– Área coberta por painéis solares térmicos em 2004.
<http://www.4eolic.com>

Por outro lado, a produção de energia solar fotovoltaica teve um crescimento entre 2003 e 2004 de 68% na União Europeia, totalizando 1010 GWp. A Alemanha é o país com a maior fatia desta produção com 79% do total, como podemos ver na figura 55.

Está previsto que as metas estabelecidas, pela União Europeia até 2010, para a produção de energia solar fotovoltaica sejam ultrapassadas mas, para tal, os estados membros terão que seguir o exemplo espanhol que, num ano, aumentou a produção em 38%.

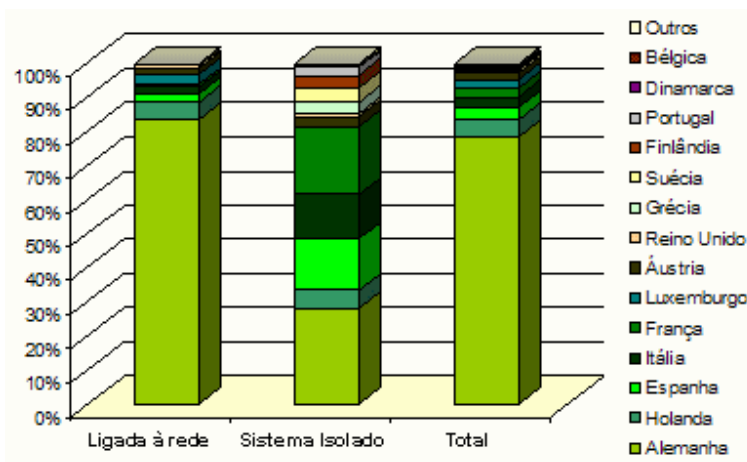


Figura 55– Produção de energia solar fotovoltaica na União Europeia em 2004.
<http://www.4eolic.com>

A produção de energia solar fotovoltaica teve um crescimento, em Portugal, de 28% entre 2003 e 2004. É no entanto insuficiente sabendo o potencial que o nosso país tem nesta fonte de energia, por exemplo a Holanda que tem um nível de insolação que é 60% do nosso, produz 19 vezes a energia fotovoltaica de Portugal.

Já no que se refere à energia eólica, a União Europeia totaliza 73% da produção a nível mundial, a Alemanha, novamente, representa quase metade desta produção, como podemos ver na figura 56. Os Estados Unidos e a Índia também são países com uma produção eólica considerável com 14% e 6% do total.

Está previsto que as metas estabelecidas, pela União Europeia até 2010, para a produção de energia eólica sejam largamente ultrapassadas dado o valor ter sido quase atingido em 2004.

Portugal é um dos países onde mais tem crescido a produção de energia eólica, 60% em 2004, de acordo com fontes governamentais esta tendência será para manter.

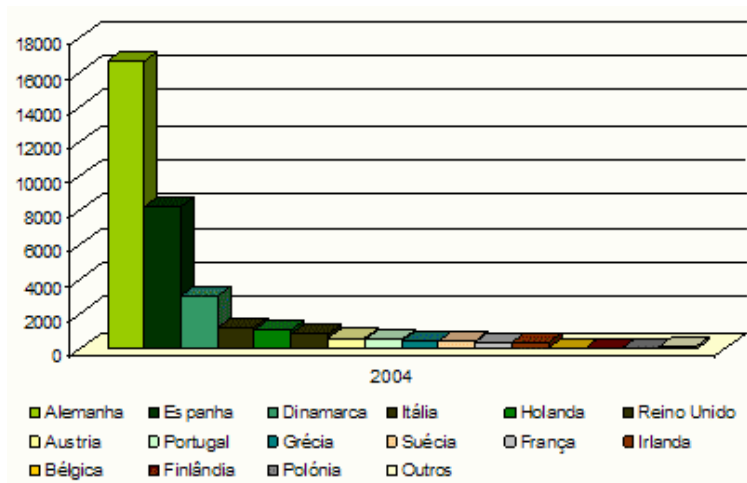


Figura 56– Produção de energia eólica na União Europeia em 2004.
<http://www.4eolic.com>

A análise efectuada aos consumos de energia poderia ser muito mais aprofundada, contudo esse não é o objectivo do presente trabalho. Apenas queríamos mostrar a importância que os combustíveis fósseis (ainda) têm no mercado, nomeadamente o petróleo, e ainda fazer referência à já e

cada vez mais notória, produção de energia, através das energias renováveis.

E com estas análises terminamos o primeiro capítulo. Foram abordados alguns pontos que consideramos fundamentais para compreender o capítulo seguinte. Isto é, para compreender e entender a energia solar (e todos os seus “instrumentos”- painéis, colectores, etc., que explicaremos no capítulo II) e a sua aplicabilidade na Arquitectura, consideramos fundamental abordar os pontos mencionados no primeiro capítulo, pois estes permitiram-nos entender a história, a evolução e as várias vertentes da energia no cenário passado, presente e futuro. Assim, fazendo uma retrospectiva dos assuntos abordados, temos alguns pontos fulcrais que importam ser mencionados em jeito de conclusão do capítulo I:

- De acordo com os historiadores e arqueólogos o domínio da produção do fogo foi um dos principais avanços da humanidade, colaborando para o desenvolvimento da raça humana.
- A energia é um recurso imprescindível para que possa existir vida na Terra, convertendo-se nas mais diversas formas de impulsionar a vida, pode ser calor, movimento, luz, etc.
- Acompanhando a evolução da humanidade, houve uma crescente necessidade de “descobrir” ou usar diferentes formas e fontes de energia.
- As fontes de energia não renováveis são aquelas que se encontram na natureza em quantidades limitadas e se extinguem com a sua utilização. Consideram-se fontes de energia não renováveis os combustíveis fósseis, como o carvão, o petróleo, o gás natural e o urânio.

- Actualmente, a procura de energia assenta fundamentalmente nas fontes de energia não renováveis, as quais têm tecnologia difundida, mas possuem um elevado impacto ambiental. Importa inverter esta tendência, tornando o seu consumo mais eficiente e substituindo-o gradualmente por energias renováveis limpas.
- Energia solar: Aproveitar a energia solar significa utilizá-la directamente para uma função, como seja aquecer um fluido (sistemas solares térmicos), promover a sua adequada utilização num edifício (sistemas solares passivos) ou produzir energia eléctrica (sistemas fotovoltaicos).
- No que respeita à arquitectura, a aplicação e uso das energias alternativas revelam-se essenciais para seguirmos o caminho da sustentabilidade. E como foi referido, temos imensas opções, desde o aproveitamento do sol para produção de energia (solar fotovoltaico aplicado nos edifícios) como a aplicação dos painéis solares térmicos para aquecimento de água e climatização das construções (como veremos no capítulo II), ou ainda a energia eólica para produção de energia, através de mini turbinas aplicadas nas habitações.
- A descoberta do fogo é denominada por Boyden (1981) como o primeiro “*marco tecnológico e ecológico*” (S. Boyden, 1981, pág. 178-184). A sua utilização para aquecer e cozinhar os alimentos, proporcionou o desencadear dos primeiros impactes significativos no ecossistema e de graves incompatibilidades entre o homem e o meio ambiente que se perpetuaram e agudizaram até aos dias de hoje.

- Até à década de 50, vingava a ideia de que os recursos naturais existiam para ser usados e de que a tecnologia resolveria todas as possíveis contrariedades, como por exemplo, a substituição das matérias – primas e fontes energéticas, à medida que se fossem esgotando.
- O sector industrial da construção sempre foi uma alavanca económica para gerar riqueza, no entanto também tem contribuído para o aumento do consumo de recursos naturais e para a conseqüente transformação, de forma abrupta e pouco cuidada, do entorno natural. A nível nacional, esta actividade também não foge à regra, e de acordo com o ultimo relatório do Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável, a percentagem do consumo de materiais e energia para a construção de raiz é de 50%.
- Em Portugal, 28% da energia consumida e 59% da electricidade gasta, verifica-se na utilização dos edificios, estando por isso na base das emissões de CO₂ e outros poluentes que afectam negativamente o ambiente.
- E nesta matéria a Arquitectura como processo multidisciplinar, tem um papel preponderante. O conhecer o local e projectar para ele deve não só responder às características locais mas também às características de um clima, respondendo às solicitações de conforto térmico de forma natural. Deve-se utilizar, tanto quanto possível, materiais de origem local ou sustentáveis, que justifiquem a sua adequação aquele projecto, bem como aplicar e tirar partido das energias renováveis em prol de construções melhores e amigas do ambiente.

CAPÍTULO II.

I.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS

No final do capítulo I estivemos a analisar o consumo de energia, e rapidamente concluímos que 85% da energia consumida no nosso país é importada e de origem fóssil (petróleo, carvão e gás natural), e que Portugal produz apenas 15% da energia que consome, tornando-o num dos países mais dependentes da utilização de energias fósseis importadas.

Por outro lado, estima-se que 80% do nosso tempo é passado em edifícios, e que os serviços e a habitação representam 22% do consumo de energia, valor que tem aumentado 4% ao ano.

Estas situações têm consequências directas na economia, uma vez que o custo dos combustíveis fósseis importados, encarece a produção de bens e serviços em território nacional.

Adicionalmente, a utilização pouco eficiente da energia traduz-se em ameaças preocupantes para o país, seja do ponto de vista económico, social ou ambiental.

“Eficiência energética pode ser definida como a optimização que podemos fazer do consumo de energia. A ameaça de esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, a pressão dos resultados económicos e as preocupações ambientais, levam-nos a encarar a eficiência energética como uma das soluções para equilibrar o modelo de consumo existente e para combater as alterações climáticas. Aprender a utilizar de forma responsável a energia de que dispomos é garantir um

futuro melhor para as gerações vindouras. No entanto, para lá chegarmos, precisamos de alterar a nossa atitude em relação ao consumo de energia.” (Guia Prático da Eficiência Energética, 2006, www.edp.pt)

Uma alternativa a esta situação é o aumento da eficiência no consumo de energia e o aproveitamento do potencial de energias renováveis, que, em Portugal, é notável, com destaque para a energia solar, eólica, hídrica e da biomassa. A eficiência energética em edifícios pode ser definida como a optimização que podemos fazer do consumo de energia, ou como, a utilização racional de energia.

“A factura energética dos edifícios pode ser reduzida em 25%. Mas, para isso, é importante que os equipamentos sejam utilizados com conta peso e medida e que os edifícios sejam construídos de modo a potenciar a redução dos consumos de energia. Se o projecto do edifício for concebido de modo a tirar proveito das condições climáticas, da orientação solar, dos ventos dominantes e se forem utilizadas técnicas de construção e materiais adequados, é possível diminuir os gastos energéticos com a iluminação ou os sistemas de climatização.” (Guia Prático da Eficiência Energética, 2006, www.edp.pt)

Assim sendo, há gestos simples que, sem aumentar o consumo de energia, melhoram o conforto doméstico e traduzem benefícios económicos e ambientais de longo prazo.

Existem estratégias de concepção e construção dos edifícios através das quais podemos melhorar o seu comportamento e eficiência energética. As estratégias que têm em atenção as condições climáticas do local e da sua interacção com o clima, proporcionando a adequação do edifício ao clima, designam-se geralmente por Estratégias Bioclimáticas. São no fundo regras gerais

que se destinam a orientar a concepção do edifício tirando partido das condições climáticas de cada local. Os dispositivos construtivos integrados nos edifícios, cujo objectivo é o de contribuir para o seu aquecimento ou arrefecimento natural, são mencionados como Sistemas Passivos.

Poderíamos assumir que, a eficiência energética dos edifícios estará relacionada com as medidas passivas e as medidas activas, ou seja, com a aplicação das estratégias bioclimáticas que criam sistemas passivos (capazes de captar, acumular e distribuir energia) e com o recurso das energias renováveis como o vento, o sol, a água, elementos usados nas medidas passivas e activas, como os painéis solares, por exemplo.

Logo, existem várias medidas passivas a ter em conta num edifício, vejamos algumas delas:

- A orientação: a orientação da casa deve estar optimizada, de acordo com a sua exposição solar. Este assunto será abordado mais detalhadamente no ponto 2.1 do presente capítulo.
- A localização: o clima da região condiciona a escolha do tipo de construção. Se vamos construir uma casa numa zona em que o Inverno é rigoroso, o edifício deve estar bem projectado para o frio. Por outro lado, se vamos construir uma casa numa zona em que o Verão é rigoroso a construção terá outra especificidade, que não terá para um edifício construído numa zona de clima ameno. Este assunto será abordado mais detalhadamente no ponto 2.1 do presente capítulo.

- O isolamento: um bom isolamento térmico evita as perdas de calor e as infiltrações, reduzindo a necessidade de investir em sistemas de climatização. Estima-se que 60% da energia utilizada para o aquecimento durante o Inverno se perde por falta de isolamento. Deve-se ter especial atenção em zonas como as paredes, o tecto, o chão, utilizando materiais como o poliestireno, a cortiça, a lã de rocha, entre outros. *“Por outro lado, o isolamento e a eliminação de pontes térmicas são fundamentais para o conforto e para um aproveitamento eficiente da energia.”* (Guia Prático da Eficiência Energética, 2006, www.edp.pt) Como se pode ver na figura 57, a arquitecta Livia Tirone, exemplifica um dos processos possíveis de aplicar um correcto isolamento, o sistema Dryvit que, inclusivamente pode ser aplicado em construções de raiz ou em recuperações.



Figura 57– Isolamento –
Aplicação do sistema Dryvit.
Arquitecta Livia Tirone, 2006, em
<http://tironenunes.pt>

Este sistema, explicado pela Arquitecta Livia Tirone, funciona da seguinte forma:

Passo 1: Sobre a parede exterior plana e limpa são coladas ou mecanicamente fixas as placas de Poliestireno Expandido (mais conhecido como Esferovite) com 6 cm de espessura e com as características EPS60 (especificação da

espessura é da responsabilidade do Engenheiro Técnico), que revestem as paredes da envolvente do edifício na totalidade pelo exterior, de forma a criar uma superfície contínua, plana e homogénea;

Passo 2: Sobre essas placas de Poliestireno Expandido é aplicada uma tela de fibra de vidro com duas demãos de Primário Dryvit que garante a adequada resistência a impactes mecânicos;

Passo 3: Em todas as arestas são aplicadas cantoneiras para protecção mecânica e criação de um ângulo vivo;

Passo 4: Sobre as duas demãos de primário são aplicadas duas demão do revestimento Dryvit.

- A ventilação natural: a ventilação é necessária para a renovação do ar interior e para o arrefecimento da casa no Verão. A localização das janelas torna-se fundamental para criar diferenças de pressão que facilitam a ventilação natural.
- Os envidraçados e o sombreamento: os envidraçados são áreas críticas para o conforto térmico da casa, pois conduzem a perdas de calor no Inverno, e ao sobreaquecimento no Verão. Devemos optar por janelas de vidro duplo ou triplo, restringindo as perdas térmicas, para além de reduzir o barulho do exterior. Nas fachadas com elevada exposição solar, os envidraçados devem ter sombreamento pelo exterior, como podemos ver na figura 58, a área envidraçada tem sombreamento pelo exterior e o conforto térmico está assegurado, pois no Inverno as temperaturas não descem abaixo dos 20° C e no Verão a incidência solar não provoca o chamado efeito estufa pois o projecto considerou uma correcta orientação solar. “Durante os



Figura 58– Envidraçado com sombreamento exterior, pormenor da fachada da Torre Sul no Parque das Nações, projecto da Arquitecta Livia Tirone, 2002
<http://tironenunes.pt>

meses quentes do ano os sombreamentos exteriores adequados eliminam a incidência de raios solares excessivos em espaços de permanência contíguos às fachadas orientadas a Nascente, Sul e Poente. Para evitar, nomeadamente, o fenómeno denominado efeito estufa, a acumulação do calor no interior do espaço penetrado pelos raios solares, quando este efeito do aquecimento não é desejado, a solução é não permitir que os raios solares atravessem os vidros. Para obter bons resultados em todos estes vãos são implementados sistemas de sombreamento exteriores: estores exteriores e palas bem orientadas e dimensionadas. Os estores, são colocados tão afastados quanto possível do vão envidraçado que sombreiam, para permitir uma boa ventilação do espaço entre o vão e o estore. Os sistemas de sombreamento exteriores não têm a função de oclusão nocturna (black-out), porque deste se pretende a função de permeabilidade à luz e ao ar, mesmo quando estão “fechados” e porque a possibilidade de controlar o grau de iluminação natural também é muito importante.” (Arq.^a Livia Tirone, em <http://tironenunes.pt>), como podemos ver na figura 59, a aplicação dos sombreamentos pelo exterior permitem a entrada de luz e favorecem a ventilação natural.



Figura 59– Sombreamento Exterior, pormenor da fachada da Torre Sul no Parque das Nações, projecto da Arquitecta Livia Tirone, 2002
<http://tironenunes.pt>

- A climatização: as temperaturas consideradas de conforto para uma casa variam entre os 18° C, no Inverno, e os 25° C no Verão. “*Antes de tudo, uma casa mal isolada termicamente irá prejudicar a eficiência de qualquer sistema de climatização assim como aumentar os custos energético, pelo que o primeiro passo será garantir o bom isolamento de*

paredes, tectos e envidraçados.” (www.eficiencia-energetica.com). Ou seja, se aplicadas medidas passivas num edifício, conseguiremos, de forma natural um bom conforto térmico, e evitaremos desse modo o uso de equipamentos consumidores de energia convencional, como o ar condicionado ou as lareiras para climatizar as nossas casas. Como se pode ver na figura 60, uma banda de três moradias em Janas, Sintra, cujo desempenho energético permite não haver necessidade de utilização nem de aquecimento nem de arrefecimento artificiais, mantendo-se sempre uma temperatura entre os 20 e 25° C durante todo o ano. Isto utilizando apenas sistemas tão simples como uma boa ventilação e aproveitamento dos ganhos solares no Inverno

- Ainda no âmbito da eficiência energética em edifícios, é de salientar a questão dos equipamentos e electrodomésticos (computador, televisão, frigorífico, máquinas de lavar, etc.), pois estes são consumidores de energia convencional, e por isso, interessa promover o seu uso adequado (uma utilização mais responsável) e adquirir preferencialmente aparelhos mais eficientes (deve-se consultar a etiqueta energética¹ dos mesmos e escolher os de classe A).

“A utilização racional de energia (URE) visa proporcionar o mesmo nível de produção de bens, serviços e de conforto através de tecnologias que produzem os consumos face a soluções convencionais. A URE pode



Figura 60– Moradias em Janas, Sintra, Arquitecta Filipa Mourão e João Santa Rita. Projecto vencedor do concurso “Edifício Energicamente Eficiente”, 2003, em *Arquitectura Bioclimática, Perspectivas de Inovação e Futuro, Seminários de Inovação*, 2004 Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

¹ Etiqueta Energética – Rótulo, que se encontra colocado na parte exterior dos electrodomésticos, de modo a ficar visível ao consumidor. A etiqueta energética é obrigatória em alguns electrodomésticos e permite comparar fácil e rapidamente a eficiência energética e o consumo dos mesmos.

conduzir a reduções substanciais do consumo de energia e das emissões de poluentes associadas à sua conversão. Em muitas situações a URE pode também conduzir a uma elevada economia nos custos do ciclo de vida dos equipamentos utilizadores de energia (custo inicial mais custo de funcionamento ao longo da vida útil). Embora geralmente sejam mais dispendiosos, em termos de custo inicial, os equipamentos mais eficientes consomem menos energia, conduzindo a custos de funcionamento mais reduzidos e apresentando outras vantagens adicionais.” (Luís Álvares, Susana Azevedo e João Tavares, BCSD Portugal, 2005)

Por vezes, um mau desempenho de um edifício não se reflecte apenas numa má pratica de arquitectura, mas também, numa má interpretação das prioridades, como é o caso do seguinte exemplo:

“o arquitecto francês Le Corbusier (...) quando estava a construir em Paris uma grande bloco de muitos pisos (1929 – 1933), orientando a sul, para o Exercito de Salvação (figura 61). Esta cidade de refúgio iria ter uma arquitectura completamente racionalista e científica, com uma forma purificada ao máximo e umas funções analiticamente estudadas; o próprio Corbusier chegou a falar de uma “usine du bien” ou “a fábrica da bondade”. A ala dos dormitórios iria ser uma caixa de vidro hermeticamente selada, sem aberturas, infelizmente, a dupla caixilharia e o equipamento de refrigeração foram eliminados para reduzir os custos. O edifício foi inaugurado no Inverno de 1933, mas quando chegou ao Verão, converteu-se num autêntico forno.”

(Roth, 2000; 131)



Figura 61– Le Corbusier, cidade de refúgio, Paris, 1929 – 1933.

(Roth, 2000; 133)

No entanto, Corbusier percebeu que em projectos futuros, a arquitectura tinha de se adaptar ao clima em que se enquadra para ter um melhor desempenho energético, e que isso seria sem dúvida uma prioridade:

“Le Corbusier aprendeu a lição, já que, em 1936, quando projectou o Ministério da Educação no Rio de Janeiro (Brasil), uma localidade com clima tropical, desenhou umas grades de lâminas verticais à frente das janelas, baptizando-as como “brise-soleils”.

Da mesma maneira que se pode impedir a incidência directa dos raios solares sobre o vidro, também se podem utilizar os ventos dominantes para arrefecer o edifício. Quando Le Corbusier projectou a Unidade de Habitação de Marselha em 1946 (figura 62), empregou uns terraços para criar “brise-soleils” horizontais e verticais, e como as vivendas tinham fachadas em ambos os lados dos edifícios, os seus moradores podiam estabelecer facilmente uma ventilação longitudinal bastando para isso abrir as janelas das fachadas opostas. E em 1950, quando o convidaram para realizar os planos para a cidade de Chandigarh (figuras 63, 64), a nova capital de Punjab, a sua primeira preocupação foi a de responder à natureza que o envolvia, um clima tórrido. No edifício do supremo Tribunal emprega uma rede de profundos brise-soleils cuja função se estende não só à ventilação só da fachada, mas também à estrutura de todo o edifício. O edifício está ainda protegido por uma grande cobertura ondulada que faz a vez de um gigantesco “brise-soleil”, suspensa por grandes pilares por baixo da qual penetram livremente a luz e o ar, chegando a toda a estrutura e arrefecendo a capa interior da cobertura.

Provavelmente, a causa que motivou Corbusier a adoptar sistemas de controle ambiental mais integrados na

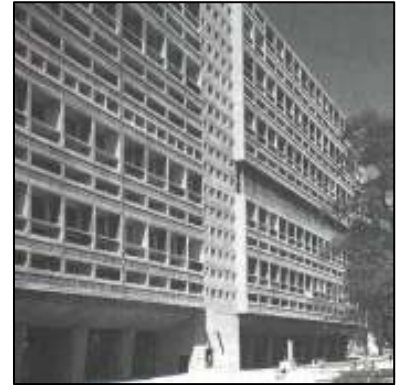


Figura 62– Le Corbusier, Unidade de Habitação de Marselha, 1946. (Roth, 2000; 133)



Figura 63– Le Corbusier, Chandigarh, Punjab, 1950. (Roth, 2000; 134)



Figura 64– Le Corbusier, Chandigarh, Punjab, 1950. (Roth, 2000; 134)

arquitectura dos seus últimos edificios deve-se a um certa desconfiança da sua parte para com os sistemas de ar condicionado complicados.”

(Roth, 2000; 131)

Analisamos alguns exemplos da arquitectura de Le Corbusier, para demonstrar, que os edificios podem ser energeticamente melhores ou piores se tivermos ou não, em conta algumas medidas na concepção dos mesmos (medidas passivas como vimos). No primeiro exemplo dado da obra de Corbusier, vimos um mau emprego de estratégias resultante de uma má gestão de recursos, e nas outras obras bons aproveitamentos e apreciações das condicionantes que enquadravam as regiões, onde a arquitectura iria ser implementada.

Analisamos ainda a obra da arquitecta Livia Tirone, da arquitecta Filipa Mourão e do arquitecto João Santa Rita, como bons exemplos de projectos energeticamente eficientes.

As temáticas da eficiência energética e da utilização racional dos recursos mereciam, sem dúvida, uma análise muito mais detalhada. Contudo, esse não será o objectivo do presente trabalho, pelo que, importa de facto mencionar que a Arquitectura é a ferramenta para aplicar todos os conceitos acima mencionados e conseguir assim, contribuir para que os edificios se tornem mais eficientes e sustentáveis. Se juntarmos a estas práticas as energias renováveis, nomeadamente a energia solar, estaremos, sem dúvida, a contribuir para a redução dos consumos energéticos e para uma arquitectura amiga do ambiente. Por isso, vamos de seguida analisar o tema da energia solar.

I.2. A ENERGIA SOLAR

Energia solar é a designação dada a qualquer tipo de captação de energia luminosa proveniente do Sol. A posterior transformação dessa energia captada é utilizável pelo homem, seja directamente para aquecimento de água ou ainda como energia. Segue-se uma medição feita numa superfície normal (em ângulo recto) com o Sol. Desse valor, aproximadamente 19% é absorvido pela atmosfera e 35% reflectido pelas nuvens. Ao passar pela atmosfera terrestre, a maior parte da energia solar, assume a forma de luz visível ou luz ultravioleta.

A luz não é mais que uma forma de radiação em particular, e as radiações são uma forma de energia que atravessam o espaço, chegando a todos os lugares, de forma praticamente instantânea.

Como todas as energias, acabam sempre por se transformar em calor ao serem absorvidas pelas superfícies, pode-se dizer que a luz é também calor, ou seja, sendo a luz radiação, a radiação uma forma de energia, e a energia se transforma em calor, então luz é calor, quer seja na natureza ou na arquitectura. Daí que, iluminar um espaço significa também aquecê-lo.

Entre as diferentes fontes de luz de que dispõe o ser humano, a natural, a do Sol, é a que oferece um dos mais elevados rendimentos luminosos.

A luz do Sol foi sempre uma fonte de energia para as plantas, pessoas e animais. E desde sempre foi sabiamente aproveitada pelo Homem.

Na arquitectura popular reside a verdade destes factos. Intuitivamente, o Homem foi aprendendo e descobrindo a tirar partido da energia solar, quer para aquecimento, quer para iluminação das suas habitações. *“Ao observarem as*

coisas uns dos outros e ao irem absorvendo diversas novidades, fruto das suas reflexões, cada vez iam construindo melhor as suas cabanas. Mas ao terem os humanos uma enorme capacidade natural imitativa aprendendo com facilidade, dia a dia mostravam uns aos outros os seus ganhos, satisfeitos dos seus próprios descobrimentos, e, desta forma, cultivando o seu engenho nas possíveis disputas ou debates, começaram a construir cada dia com mais gosto e sensatez.” (Vitruvio, Os Dez Livros de Arquitectura, livro nº 2 capítulo I)

Até ao aparecimento da energia eléctrica, que possibilita o uso da iluminação artificial, a vida do Homem era praticamente regida pelo sol, sendo este elemento, desde sempre dominante na concepção da arquitectura.

Actualmente, a energia do Sol pode ser usada de diferentes modos e com diferentes tecnologias. Os métodos de captura de energia solar classificam-se em directos ou indirectos:

- Directos – quando basta apenas um processo de transformação para converter a energia solar em energia utilizável pelo Homem, por exemplo, a energia solar atinge uma superfície e é transformada em calor, susceptível de aquecer uma dada quantidade de água (princípio - chave dos aquecedores solares);
- Indirectos – quando para obter energia utilizável pelo Homem são necessários processos adicionais de transformação da luz solar.

Mas também se podem classificar em sistemas passivos e sistemas activos:

- Os sistemas passivos são geralmente directos, apesar de envolverem (por vezes) fluxo de convecção (entendido tecnicamente como conversão de calor em energia mecânica);

- Os sistemas activos são aqueles que apelam ao auxílio de dispositivos eléctricos, mecânicos ou químicos, para aumentar a eficácia da troca energética.

A energia solar pode então ser utilizada de várias formas e para diferentes finalidades, desde a produção de energia eléctrica, ao aquecimento de água, como para a própria climatização da construção.

O conforto térmico dos edificios consegue-se obter sem se recorrer a técnicas de arrefecimento de grande gasto energético (ar condicionado, caldeiras, etc.). Existem alternativas ambientais que se prendem com a utilização de energia solar passiva e activa, eventualmente combinada em sistemas hídricos com outras formas de energia.

Assim sendo, vejamos alguns aspectos fundamentais da energia solar passiva e, posteriormente, da energia solar activa onde vamos analisar os sistemas solares térmicos e os sistemas solares fotovoltaicos.

I.2.1. ENERGIA SOLAR PASSIVA

“A arquitectura Solar Passiva (...)pode ser definida como uma arquitectura que, na sua concepção, aborda o clima como uma variável importante no processo de projecto, relevando o Sol, na sua interacção com o edificio, para um papel fundamental no mesmo.” (Hélder Gonçalves e João Mariz Graça, Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, 2004, página 4)

A arquitectura solar passiva é muito semelhante à arquitectura bioclimática com a diferença de que apenas lida com os ganhos energéticos provenientes do Sol, enquanto que a arquitectura bioclimática pode incluir outras preocupações climatéricas.

Como já foi referido anteriormente, aquando da análise da eficiência energética em edifícios, existem medidas solares passivas como a localização ou orientação de edifícios, que se devem ter em conta na construção dos edifícios. Logo, se dermos atenção aos aspectos construtivos e à sua interacção com o clima do local onde se situa, se tivermos em conta o desenho do edifício, bem como a escolha dos materiais e se recorrermos a mecanismos naturais, será possível atingir um bom grau de conforto, semelhante ao que se teria obtido recorrendo a meios mecânicos e artificiais consumidores de energia convencional. Para além dos evidentes benefícios para o ambiente, um menor consumo de energia convencional significa menor poluição, com benefícios para o utilizador, que passa a ter um nível de conforto com menores custos financeiros.

Assim sendo, o papel do arquitecto é fundamental, pois ele é um interveniente directo nesta matéria.

ORIENTAÇÃO DO EDIFÍCIO

Para a projecção de um edifício é necessário conhecer as posições do sol, quer durante o dia, quer ao longo do ano, pois estas desempenham um papel preponderante na concepção de um edifício.

No estudo dos processos dos percursos do Sol, há três momentos mais importantes que ocorrem ao longo do ano, o Solstício de Verão (21 de Junho), Equinócios (21 de Março e 21 de Setembro) e Solstício de Inverno (21 de Dezembro). Em cada um destes momentos a posição do Sol varia consoante a sua altura e o azimute, conseqüentemente, estes três momentos originam diferentes períodos de insolação e diferentes ângulos de incidência solar.

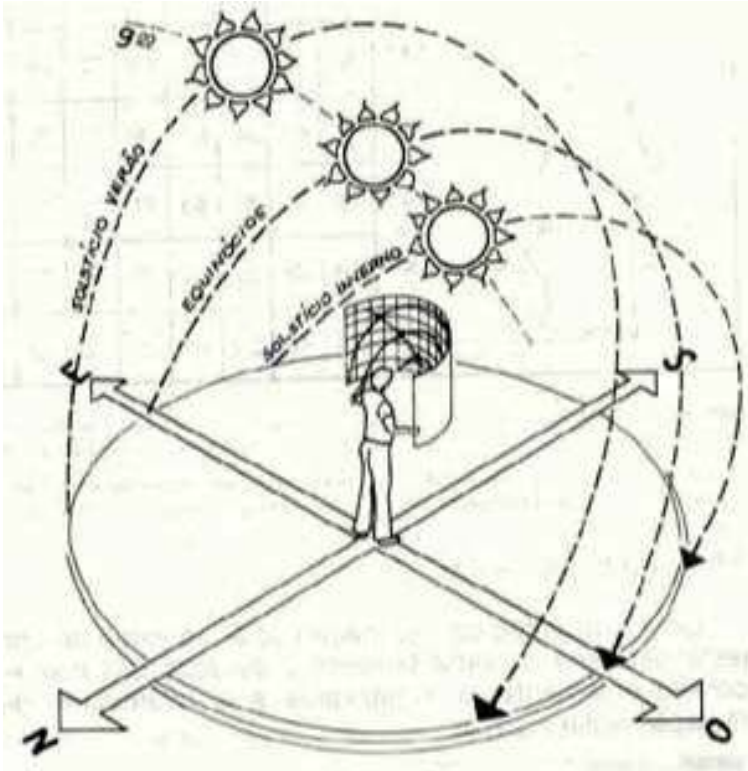


Figura 65– Esquema ilustrativo da trajetória solar.

Instituto Superior Técnico,
Universidade Técnica de Lisboa.

É de sublinhar a diferença de trajetória no Inverno e no Verão, o que explica a diferença de intensidade da radiação e de tempo de exposição solar nas duas estações, como se pode ver na figura 65. Será portanto fundamental ter em atenção estes dados na projecção de um edifício, no desenho e localização dos vãos, por exemplo.

O ganho solar directo é a forma mais simples de se conseguir aproveitar de forma passiva a energia solar. Pode consistir somente numa habitação com janelas orientadas a Sul, que no Inverno conseguem um ganho solar considerável desta forma, e que no Verão, em virtude de uma posição mais elevada do Sol na sua trajetória e, eventualmente, até de um sombreamento sobre a janela, impedem o sobreaquecimento da habitação, como se pode ver na figura 66.

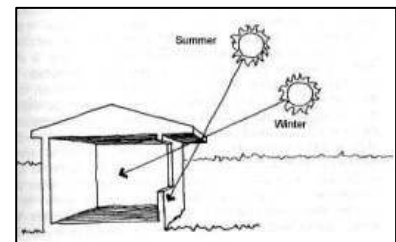


Figura 66– Esquema ilustrando a diferença do ângulo de incidência do Sol consoante as estações do ano, o que permite um aproveitamento da energia solar diferenciado consoante a estação.

Arquitectura Bioclimática,
Perspectivas de Inovação e Futuro,
Seminários de Inovação, 2004

Instituto Superior Técnico,
Universidade Técnica de Lisboa.

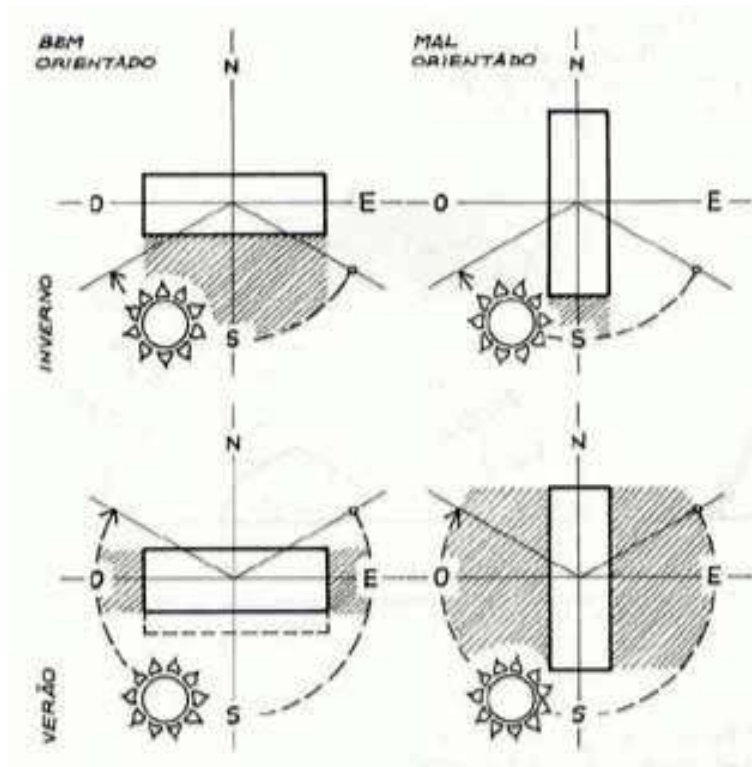


Figura 67– Esquema ilustrativo da correcta orientação de um edifício.

Instituto Superior Técnico,
Universidade Técnica de Lisboa.

Como se pode ver na figura 67, um edifício bem orientado é aquele em que a sua fachada longitudinal se encontra contígua ao eixo este-oeste, pois no período mais quente do ano, a fachada do edifício voltada para a nascente está sujeita a uma insolação fraca da parte da manhã, à medida que o sol caminha para sul, os raios surgem quase perpendicularmente à fachada sul que, com o apoio de um de um sombreamento (pequenas palas horizontais, por exemplo), impede a entrada da maior insolação do dia, com o pôr - do - sol, os raios tornam-se cada vez mais oblíquos à fachada virada a poente, onde novamente a insolação se torna mais fraca. Nesta época do ano, uma fachada orientada a este, sofre uma maior insolação do que no Inverno, pois os dias são maiores, isto é, a fachada está mais tempo exposta até o sol atingir a sua altura máxima.

Na época do Inverno, como os dias são mais curtos e os raios solares incidem principalmente sobre a fachada virada a sul de forma oblíqua, a radiação solar incide em

toda a fachada, provocando um aquecimento, sobre o edifício, como se pode ver na figura 68, da página anterior. As fachadas orientadas a Norte num edifício são as mais frias, pois no Inverno não recebem nenhuma radiação directa e no Verão recebe apenas uma pequena fracção de radiação directa do Sol, no princípio da manhã e no fim da tarde, na figura 64 podemos ver um exemplo em que as perdas por condução são minimizadas na fachada Norte enterrada.

Apresenta-se a título de exemplo (figuras 68 e 69) a Casa Jacobs II, Hemiciclo Solar, como referência da adaptação do projecto ao clima e em particular à trajectória aparente do Sol. Trata-se de um projecto pioneiro do ano de 1943, desenhado pelo arquitecto americano Frank Lloyd Wright, é pois um exemplo de uma casa adaptada ao clima.

LOCALIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

A latitude e o clima português oferecem-nos um número médio anual de horas de Sol que varia entre as 2200 e 3000, valores abundantes mas dispersos. A sua utilização em larga escala passa pelo aumento de eficiência dos sistemas de captação e pela diversificação das aplicações.

Como já foi referido anteriormente aquando do estudo da eficiência energética, no ponto 1 do presente capítulo, o clima da região condiciona a escolha do tipo de construção. Assim, cada região apresenta uma insolação específica, sendo provocada pela diferença de latitude em relação ao equador, no caso de Portugal encontra-se entre 42 no Norte e 37 no Sul.

Tendo em conta que cada região do nosso país apresenta determinadas características climáticas, há que saber tirar o melhor partido do sol.

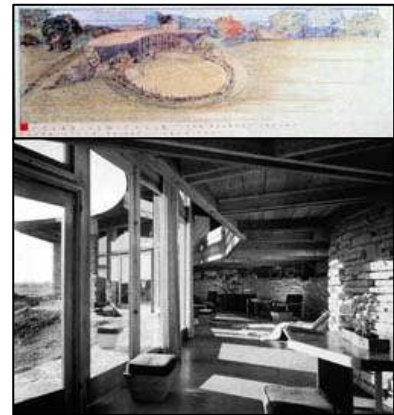


Figura 68– Casa Jacobs II, Hemiciclo solar; a fachada Sul no Inverno recebe radiação desde o nascer ao pôr-do-sol.

www.design.ncsu.edu



Figura 69– Casa Jacobs II, Hemiciclo solar.

www.planetclaire.org

O aproveitamento da energia solar, ou a chamada arquitectura solar passiva, tem vindo a ser praticada em Portugal desde há vários séculos, sendo a arquitectura popular portuguesa um bom exemplo disso. Este tipo de construção era sustentado em conhecimentos empíricos, apresentando importantes traços de adaptação ao clima, mesmo com escassos recursos de materiais e técnicas construtivas.

Assim sendo, vejamos de seguida um exemplo de uma construção no Norte e de outra construção no Sul de Portugal.

No Norte do país, encontramos um exemplo de uma tipologia popular apresentada no 1º Volume da Arquitectura Popular em Portugal, trata-se de uma típica casa de lavoura, situada em Guimarães, figura 70.

Neste exemplo, há uma protecção da fachada relativamente às chuvas do Sudoeste, e expõe-se ao Sol as fachadas mais abertas, donde se destacam as pequenas aberturas que dão para os quartos e o portão de entrada. É também característico destas tipologias a existência de um eido ou pátio que forma um espaço ao ar livre para onde dão todas as portas, proporcionando no Verão um local fresco que permite a ventilação da tipologia. O piso inferior, dá lugar ao lagar e às cortes dos animais (como se pode ver também na figura 70), favorecendo assim o aquecimento da casa nas estações mais frias, uma vez que o calor proveniente do gado sobe para o piso superior onde se desenvolve a habitação, figura 71.

Por outro lado, no Sul do país, encontramos exemplos de construções populares (algarvias), que consistem em casas térreas, na sua maioria orientadas a sul e com aberturas nos locais mais oportunos.



Figura 70– Casa da Lavoura, Guimarães (Arquitectura Popular em Portugal, 1961; 1º vol.; 48)



Figura 71– Casa da Lavoura, planta piso 2 Guimarães (Arquitectura Popular em Portugal, 1961; 1º vol.; 49)

Se por um lado interessa aproveitar o sol no Inverno, no Verão, têm necessidade de recorrer a varandas (figura 72), alpendres, terraços, pátios ou parreiras, para lhes proporcionar uma protecção à radiação solar, quando esta é em demasia. A parreira, como se pode ver na figura 73, mostra-se uma excelente protecção, pois varia ao longo das diferentes estações do ano. No Inverno, a parreira despe-se da folhagem e permite a passagem da radiação solar para aquecer a habitação, já no Verão, quando o sol é muito intenso e tende a provocar o sobreaquecimento, a parreira enche-se de folhagem, proporcionando um sombreamento perfeito à habitação. Este sistema bastante simples e eficaz encontra-se espalhado por todo o sul de Portugal.

É ainda de referir que as paredes são pintadas de branco para reflectir o sol e as janelas e portas são pintadas de cores vivas.

Estas técnicas utilizadas na construção, aliadas às características climatéricas da região, constituíam factores decisivos relativamente à adaptação da construção em relação ao meio.

Como podemos ver na breve análise destes dois distintos exemplos, o clima condiciona o tipo de construção, e esta, por sua vez, deve e tem de se adaptar às condições climatéricas de cada local.

“A arquitectura Solar Passiva (...)pode ser definida como uma arquitectura que, na sua concepção, aborda o clima como uma variável importante no processo de projecto, relevando o Sol, na sua interacção com o edifício, para um papel fundamental no mesmo.” (Hélder Gonçalves e João Mariz Graça, *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*, 2004, página 4)



Figura 72– Casa com varanda e parreira, (Arquitectura Popular em Portugal, 1961; 3º vol.; 163)



Figura 73– Casa com varanda e parreira, (Arquitectura Popular em Portugal, 1961; 3º vol.; 163)

O Sol é a estrela mais representativa do sistema solar, constituindo cerca de 98% da sua massa total. A superfície solar recebe anualmente $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia proveniente do sol. Este valor corresponde a cerca de 10000 vezes o consumo mundial de energia que se faz sentir actualmente. A energia solar constitui uma fonte energética inesgotável, com um enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outros tipos de energia.

Os métodos de captura da energia solar podem ser considerados como directos ou indirectos, de acordo com o número de transformações que a energia solar sofre até ser utilizada pelo homem. Nos métodos directos, há apenas uma transformação da energia solar por exemplo em energia eléctrica, energia fotovoltaica, ou aquecimento de água, solar térmico. Já no caso dos métodos indirectos é necessário haver mais que uma transformação para que surja energia utilizável, por exemplo um sistema de cortinas automático.

Estes métodos podem ainda ser classificados em activos ou passivos. Os activos são sistemas que necessitam de dispositivos eléctricos, químicos ou mecânicos para aumentar a efectividade da colecta. Os sistemas indirectos são também quase sempre activos. No entanto, os sistemas passivos são normalmente directos, apesar de muitas vezes envolverem fluxo em convecção que consiste numa técnica de conversão de calor em energia mecânica.

A definição da arquitectura solar passiva deriva do termo “solar passivo” e consiste na projecção, orientação e construção de um edifício de forma a garantir a melhor utilização possível da energia solar, baseando a construção do edifício em técnicas como o aquecimento por ganhos solares, a ventilação natural e o aproveitamento da inércia

térmica. Este tipo de arquitectura permite otimizar o conforto ambiental no interior do edifício, principalmente o conforto térmico e luminoso, evitando assim o recurso a meios mecânicos que utilizam processos consumidores de energias convencionais.

A arquitectura solar passiva é muito semelhante à arquitectura bioclimática, apenas se distinguem porque a primeira, lida apenas com ganhos energéticos provenientes do sol, enquanto a arquitectura bioclimática pode incluir outras preocupações climatéricas e biológicas, por exemplo, utilização da vegetação como forma de sombreamento, aproveitamento dos ventos dominantes para ventilação natural.

Analizada a energia solar passiva e conseqüentemente a arquitectura solar passiva, vamos de seguida analisar a energia solar activa.

I.2.2. ENERGIA SOLAR ACTIVA

A energia solar activa ou a arquitectura solar activa, lida com meios mecânicos de baixo consumo energético, em geral associado ao uso de energias renováveis, como os painéis solares térmicos ou fotovoltaicos.

A luz do Sol foi sempre uma fonte de energia para as plantas, pessoas e animais. Em apenas 1 hora o Sol espalha sobre a Terra uma quantidade de energia superior ao consumo global de um ano inteiro. Energia esta que é gratuita, renovável e não poluente.

A Energia Solar é cada vez mais utilizada como meio de substituição dos métodos convencionais de produção de electricidade pois, nos dias de hoje, quando os problemas ambientais se agravam e as matérias primas se esgotam,

torna-se intolerável a exploração continuada dos combustíveis fósseis e nucleares para sustentar o excessivo consumo energético a que a sociedade está habituada.

Portugal é um dos países da Europa (figura 74) com maior disponibilidade de radiação² solar, variando o seu número médio anual de horas de sol entre as 2.200 e 3.000 horas, como se pode ver na figura 75.

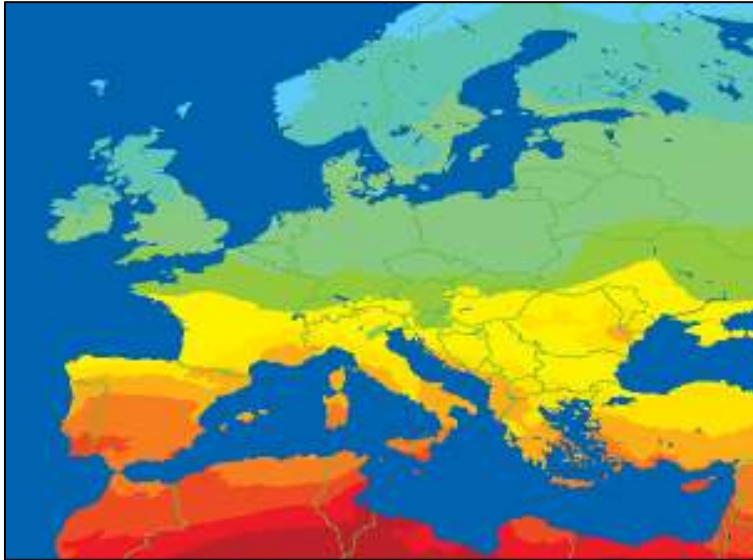


Figura 74– Distribuição Europeia de radiação solar incidente no plano horizontal (Scharmer, K. and J. Greif, 2000), em Energias Renováveis em Portugal, “Solar Térmico Activo” de Manuel Collares Pereira.

Nota: A escala deste mapa está indicada em Wh/m².

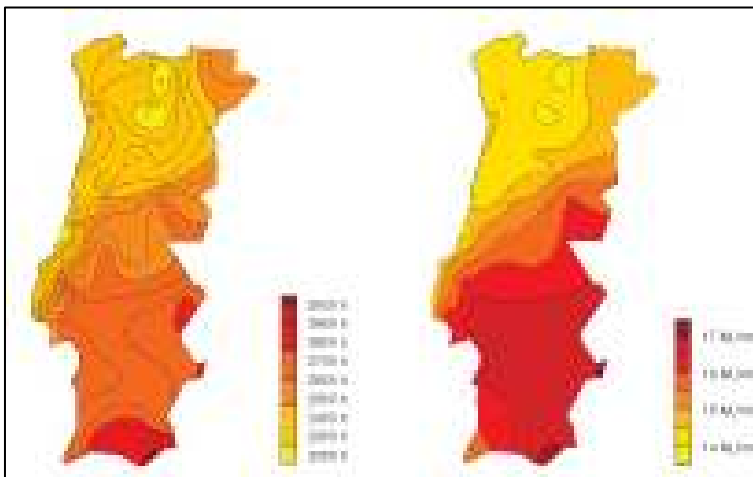


Figura 75– Distribuição de radiação solar em Portugal.

Nota: A escala deste mapa está indicada em Mj/m² (1 kWh = 3.6 Mj).

R. Aguiar, 1998, em Energias Renováveis em Portugal, “Solar Térmico Activo” de Manuel Collares Pereira.

A Radiação Solar (Radiação global) que incide numa dada superfície tem 3 componentes:

² Radiação – Todos os corpos emitem radiação electromagnética cuja intensidade depende da sua temperatura. Este modo não precisa de nenhum meio para se propagar e é o modo através do qual a energia solar alcança a Terra.

- Radiação directa é a radiação que chega à superfície vinda directamente do disco solar (cerca de 70% do total da radiação)
- Radiação difusa é a radiação que é difractada pelas nuvens e poeiras em suspensão (cerca de 28% do total da radiação)
- Radiação reflectida é a radiação que chega à superfície ao ser reflectida por uma outra superfície (cerca de 2% do total da radiação)

A figura 76 exemplifica os diferentes componentes da radiação solar.

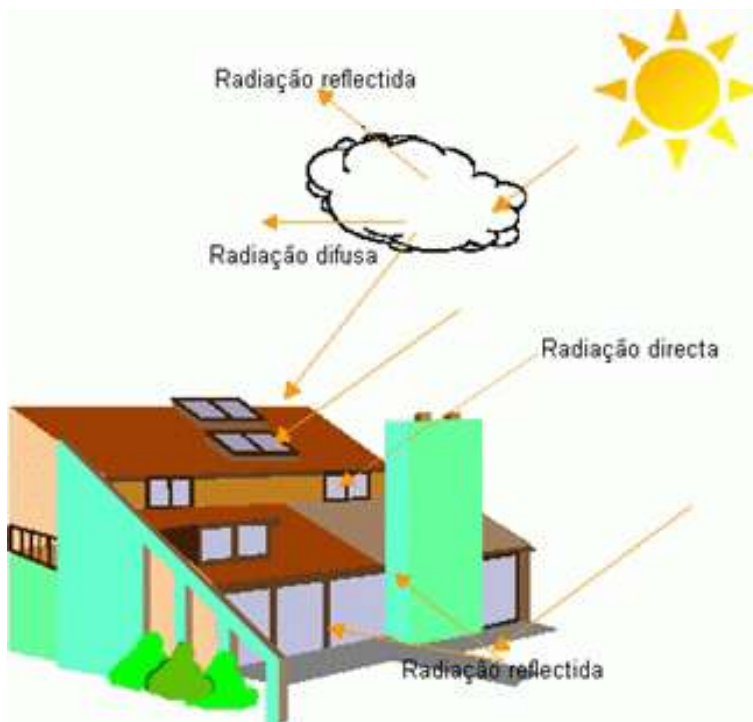


Figura 76– Esquema ilustrativo dos diferentes componentes da radiação solar.

Raplus, Soluções Térmicas, SA em www.raplus.pt

Assim, mesmo em dias nublados, temos cerca de 30% de radiação solar disponível.

Existem diferentes tipos de soluções activas para o aproveitamento da energia solar. As soluções mais utilizadas são o sistema solar térmico e o sistema solar fotovoltaico. Os colectores solares térmicos aquecem água a partir do sol, enquanto que os painéis fotovoltaicos convertem a energia solar em energia eléctrica por meio de efeito fotovoltaico.

1.2.2.1. SISTEMA SOLAR TÉRMICO

A energia solar térmica é das tecnologias de energias renováveis de difusão mais antiga.

A sua utilização baseia-se no princípio de aproveitamento do potencial calorífico da radiação solar para, por exemplo, o aquecimento de águas domésticas, que é uma das principais fontes de consumo energético numa residência, como analisamos no ponto três do capítulo I, aquando do estudo dos consumos de energia domésticos.

“Com a entrada em vigor do Decreto-lei 80/2006 de 4 de Abril – RCCTE (entrou em vigor a 4 de Julho de 2006) torna-se obrigatória a instalação de painéis solares térmicos em todos os edifícios de habitação novos em Portugal. Com as condições climáticas (país Europeu com mais horas de sol por ano) de que este país dispõe, até parece estranho que se tenha de tornar obrigatória, uma tal medida que tantos benefícios trazem a quem dela usufrui. No entanto, se nos compararmos com países como a Áustria, a Alemanha e a Grécia, continuamos a estar com 20 vezes menos painéis solares per capita apesar da abundância de horas de sol.” (Arquiteta Livia Tirone em <http://tironenunes.pt>)

O sector doméstico consome 42% da água potável e desta, perto de 57% é utilizada no duche e na banheira (quase sempre aquecida), daí que, perto de 24% da água consumida na cidade é água quente.

O potencial de redução, por via da instalação de sistemas que utilizam a energia solar térmica é de, pelo menos, 70% e com períodos de retorno do investimento muito abaixo dos 8 anos.

Quando todos os edifícios habitacionais tiverem painéis solares térmicos instalados a aquecer as águas quentes

sanitárias, estaremos a consumir 3% menos energia na cidade.

Desde os anos 70 que se tem feito investigação nesta área e que se têm conseguido grandes avanços.

Actualmente, os painéis solares já não têm que ser inestéticos mas podem e devem ser integrados nos edifícios.

Existem já vários tipos de colectores que conseguem atingir diferentes temperaturas permitindo diversificar as suas aplicações, desde o funcionamento doméstico, até à sua introdução em processos industriais.

Deste modo vamos então analisar os diferentes tipos de colectores e as diferentes temperaturas (figura 77) e respectivos custos das instalações (figura 78), uma vez que as soluções apresentam diferentes custos. A análise do fim a que se destina essa instalação é sempre vantajosa, quer pela questão dos custos como pelo seu melhor ou correcto rendimento.

Gama de Temperatura	Processo
< 40 °C	Colectores s/ cobertura ou colectores planos comuns de baixo custo
40 - 70 °C	Colectores planos selectivos ou colectores do tipo CPC
70 - 100 °C	CPC, Tubos de vácuo (rendimento elevado)
> 100 °C	Colectores Concentradores, colectores Tubos de vácuo com CPC

Figura 77– Tipos de colectores existentes e gama de temperaturas a que funcionam.

Arquitectura Bioclimática,
Perspectivas de Inovação e Futuro,
Seminários de Inovação, 2004
Instituto Superior Técnico,
Universidade Técnica de Lisboa.

Tipo de Colector	Custos de Investimento (Euros/m ²)
Placa Plana	275
CPC	300
Cilindro-Parabólico	312,5
Plano c/ vácuo	400
Tubos de vácuo	437,5
Tubos de vácuo c/ CPC	437,5

Figura 78– Custo de investimento para cada tipo de colector.

Arquitectura Bioclimática,
Perspectivas de Inovação e Futuro,
Seminários de Inovação, 2004
Instituto Superior Técnico,
Universidade Técnica de Lisboa.

As tecnologias de conversão da energia solar em energia térmica têm desenvolvimentos distintos em função das gamas de temperatura necessárias. Para as aplicações que requerem baixas temperaturas (até 90° C), tipicamente para aquecimento de água, existe uma tecnologia bem desenvolvida e madura – colectores estacionários, planos ou do tipo CPC de baixa concentração.

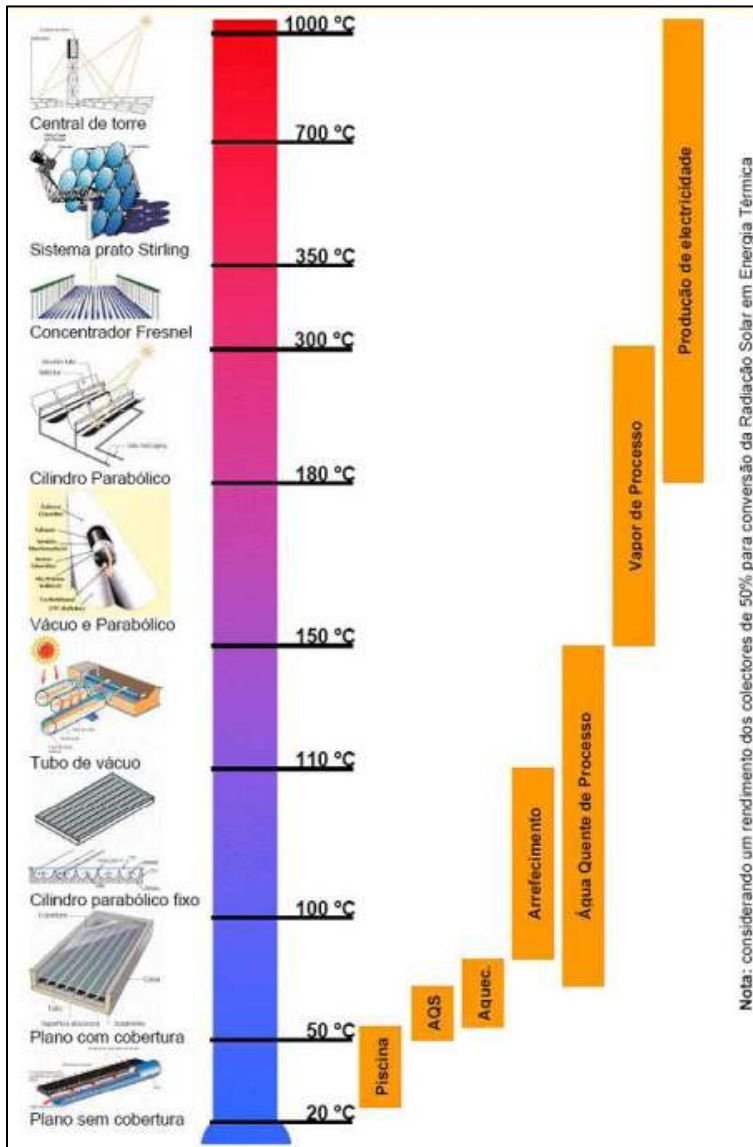


Figura 79– Esquema ilustrativo dos diferentes tipos de colectores para diferentes temperaturas e consequentes funções.

Raplus, Soluções Térmicas, SA em www.raplus.pt

Na figura 79 podemos analisar novamente a questão dos diferentes tipos de colectores para diferentes temperaturas. Contudo, a presente figura retrata ainda a função a que cada colector pode dar resposta, ou seja, para o

aquecimento de águas sanitárias é adequado o uso de colectores planos com cobertura. Já para climatização de piscinas usamos colectores planos sem cobertura.

Visto que existem vários tipos de colectores vamos de seguida analisar alguns exemplos.

- Colectores sem cobertura – Os colectores sem cobertura são geralmente feitos de plástico polímero negro. Normalmente, não possuem revestimento selectivo, nem isolamento mecânico e térmico e são usados em circuito directo. Esses colectores de baixo custo proporcionam uma boa captação da energia solar. Contudo, as perdas térmicas para o ambiente aumentam bastante com o aumento da temperatura da água, principalmente em zonas ventosas (figura 80).

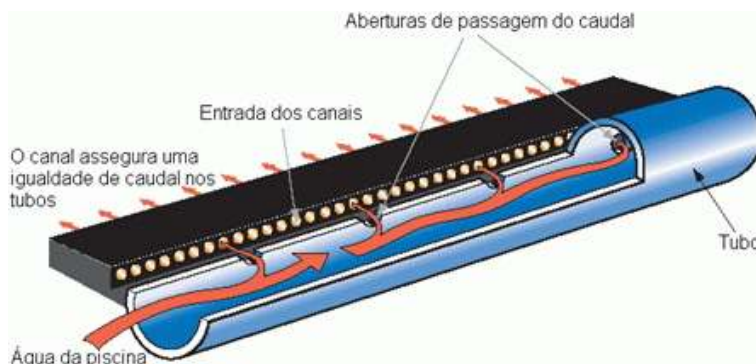


Figura 80– Esquema ilustrativo de um coletor plano sem cobertura.

Raplus, Soluções Térmicas, SA em www.raplus.pt

- Colector plano com cobertura – Os colectores planos com cobertura são principalmente constituídos por:

Cobertura transparente: para provocar o efeito de estufa e reduzir as perdas de calor e ainda assegurar a estanquicidade do coletor;

Superfície absorvedora: tem como objectivo receber a energia, transformá-la em calor para assim poder transmiti-la ao fluido térmico. Para obter maiores rendimentos existem superfícies selectivas que absorvem como um corpo negro mas que emitem pouco;

Isolamento: serve para minimizar as perdas térmicas para o exterior;

Caixa isolada: serve para proteger o colector do vento, da chuva, da poeira, suportar os diversos elementos do colector e actuar de união com a estrutura através dos elementos de fixação necessários. A caixa deve ser estanque às entradas de água e resistente à corrosão;

Tubo: por onde circula o fluido térmico (figura 81).



Figura 81– Esquema ilustrativo de um colector plano com cobertura.

Rapplus, Soluções Térmicas, SA em www.rapplus.pt

- Colector CPC – A diferença fundamental relativamente a um colector plano convencional é a geometria do absorvedor. Nos colectores planos existe uma superfície plana à qual estão soldados os tubos. No caso dos C.P.C. a área absorvedora é constituída por duas alhetas unidas a um tubo e colocadas em cima de uma superfície reflectora. O Sol incide na parte superior das alhetas e na superfície parabólica reflectora. Os raios são reflectidos e acabam por incidir na parte inferior das alhetas ou directamente no tubo, contribuindo a aquecer ainda mais o fluido térmico de transporte. A

superfície reflectora deve ser muito bem conseguida, de modo a que essa tecnologia, que tem um custo superior aos planos, funcione com uma boa eficiência energética (figura 82).

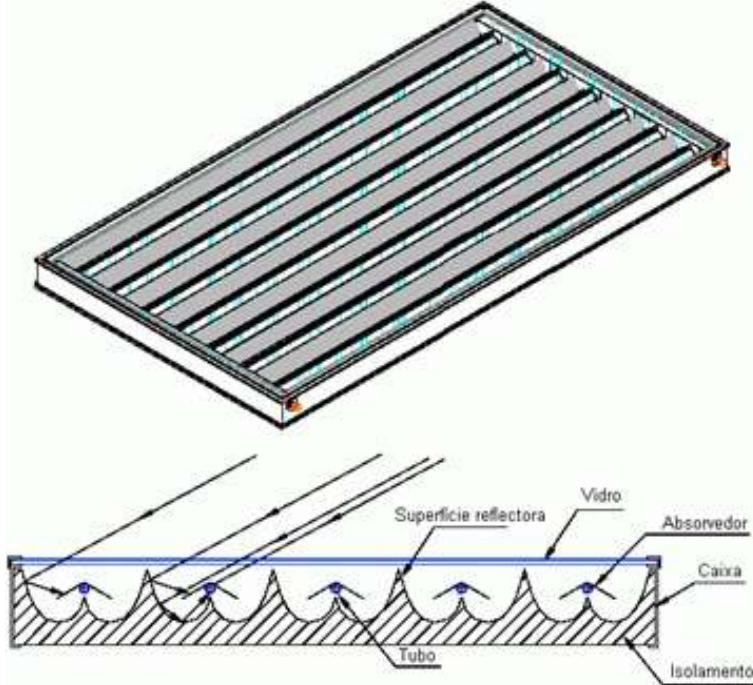


Figura 82– Esquema ilustrativo de um coletor CPC.

Raplus, Soluções Térmicas, SA em www.raplus.pt

- Coletor tubo de vácuo – Consistem geralmente em tubos de vidro transparente (tubo de vácuo) cujo interior contém tubos metálicos (absorvedores). O calor captado por cada elemento é transferido para o absorvedor, geralmente de cobre, que está dentro do tubo. Desta maneira, o fluido térmico aquece e, pelo vácuo, se reduzem as perdas térmicas para o exterior. No seu interior, a pressão do ar é muito reduzida, impedindo a troca de calor por convecção. Na fase de montagem, o ar entre o absorvedor e o tubo é aspirado e assim se assegura uma hermeticidade perfeita e durável ao longo do tempo (figura 83 da página seguinte).

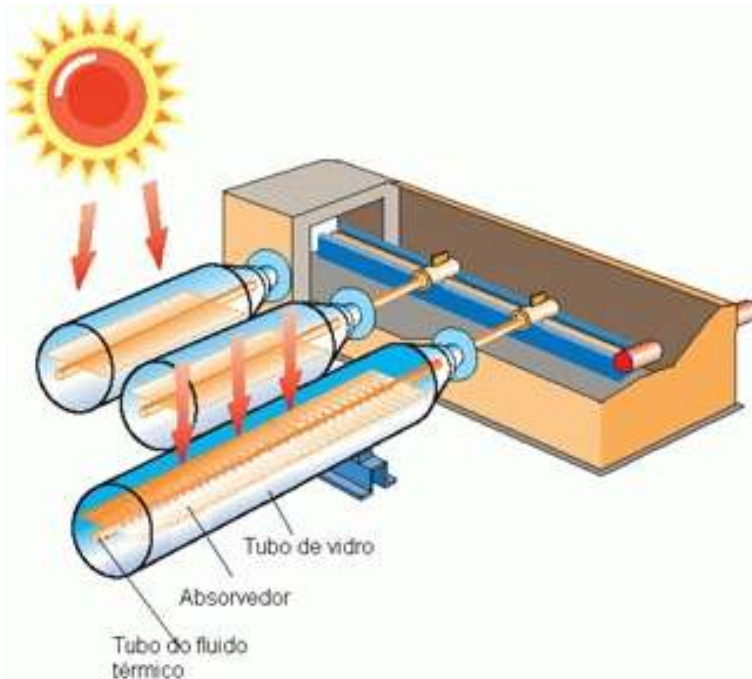


Figura 83– Esquema ilustrativo de um coletor tubo de vácuo.

Raplus, Soluções Térmicas, SA em www.raplus.pt

Estivemos assim a analisar os diferentes tipos de colectores solares que devem ser usados consoante a temperatura e a função a desempenhar. Contudo, os painéis solares têm ainda outras particularidades.

O calor resultante da conversão térmica da radiação solar é armazenado num depósito de acumulação. A ligação e transferência de calor, entre o coletor solar e o depósito, são efectuadas por um circuito hidráulico de acordo com uma das seguintes configurações:

- Circuito directo – o fluido que circula nos colectores solares é a água de consumo, como se pode ver na figura 84.
- Circuito indirecto – nos colectores circula um determinado fluido térmico, em circuito fechado e com permuta térmica para o circuito de consumo (secundário) num permutador de calor interior ou exterior ao depósito, como se pode ver na figura 85.

Podemos ainda caracterizar estes circuitos como:

- Circuito aberto – a água flui directamente através do coletor solar para o interior de um tanque de armazenamento;

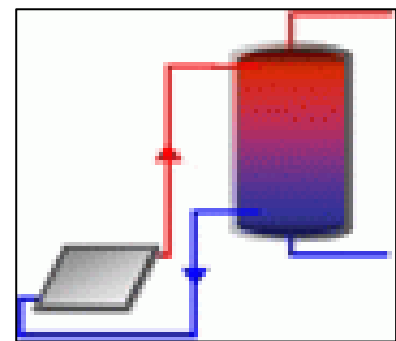


Figura 84– Esquema ilustrativo de um circuito directo.

Raplus, Soluções Térmicas, SA em www.raplus.pt

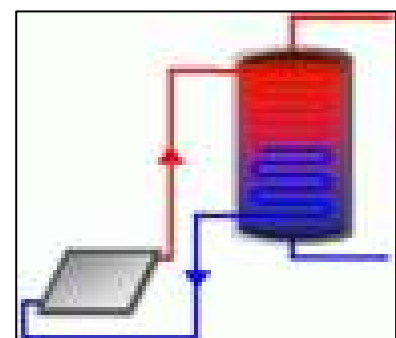


Figura 85– Esquema ilustrativo de um circuito indirecto.

Raplus, Soluções Térmicas, SA em www.raplus.pt

- Circuito fechado – o líquido de aquecimento flui nos colectores, sendo a água aquecida por permutador de calor. Os colectores de circuito fechado têm a vantagem de estarem preparados para geadas, pois o fluido utilizado tem uma temperatura de solidificação inferior à da água.

Por outro lado, os sistemas solares térmicos, caracterizam-se também como sistemas passivos (circulação em termosifão) e sistemas activos (circulação forçada):

- Sistema passivo ou circulação em termosifão – no sistema passivo o tanque de armazenamento está situado acima do painel, por forma que a água fria desça para o interior do painel que, por sua vez, é aquecida pelo sol, subindo, de seguida, até ao tanque, devido às forças de convecção, ou seja, o fluido térmico no colector, quando aquecido pelo Sol, torna-se menos denso, subindo para o depósito e "empurrando" a água mais fria, forçando-a a tomar o seu lugar, descendo, para subir novamente quando, por sua vez for aquecida. Estes sistemas são compostos pelo colector solar, depósito acumulador, purgador, vaso de expansão e outros pequenos acessórios (figuras 86 e 87).



Figura 86– Esquema ilustrativo de um sistema passivo – circulação em termosifão.

www.energiasrenovaveis.com

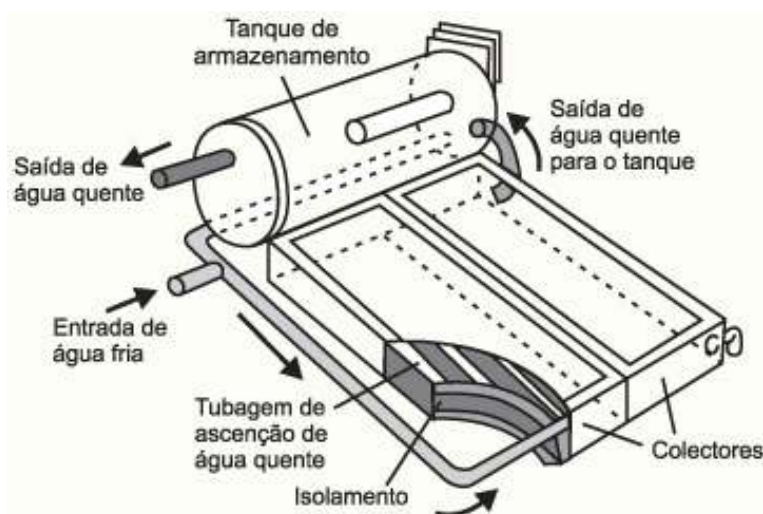


Figura 87– Esquema ilustrativo de um sistema passivo – circulação em termosifão.

<http://www.4eolic.com>

- Sistema activo ou circulação forçada– No sistema activo o painel solar não está adjacente ao tanque de armazenamento, este estará situado onde for mais conveniente, ou seja, nas situações em que não é viável a colocação do depósito acima da parte superior dos colectores e para os grandes sistemas em geral é necessário usar bombas electrocircularoras para movimentar o fluido térmico, a água é bombeada através do painel por um compressor eléctrico. Estes sistemas são compostos pelo colector solar, depósito acumulador, bomba, controlo diferencial, purgador, vaso de expansão e outros pequenos acessórios. Os sistemas activos têm a vantagem de ter pequeno impacto visual, no entanto são mais caros e envolvem algum consumo de energia, pois a água tem de ser bombeada pelo sistema (figuras 88 e 89).



Figura 88– Esquema ilustrativo de um sistema activo – circulação forçada.

www.energiasrenovaveis.com

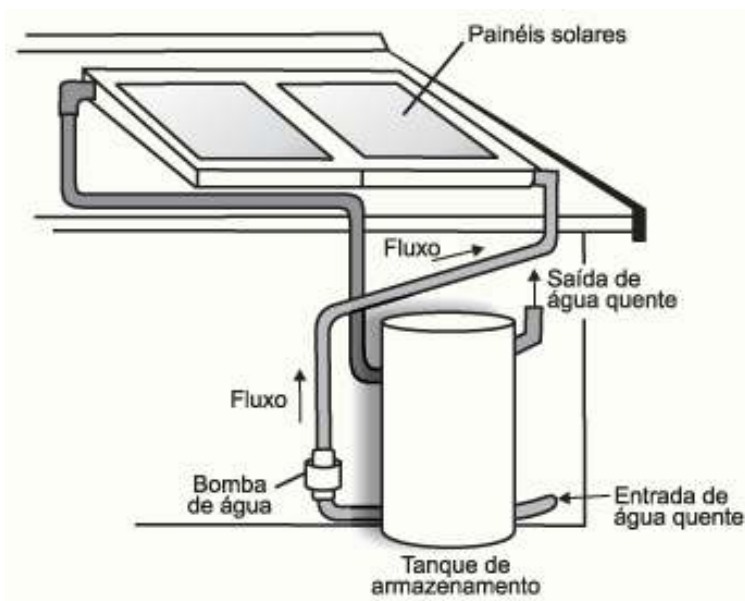


Figura 89– Esquema ilustrativo de um sistema activo – circulação forçada.

<http://www.4eolic.com>

A aplicabilidade dos colectores solares é mais frequente na água quente sanitária, nas piscinas e na climatização de espaços (calor e frio), mas também se aplicam em processos industriais, na dissalinização da água e na destoxificação da água.

Para um adequado rendimento, é fundamental uma correcta orientação dos painéis solares. A orientação óptima em Portugal, para os sistemas solares é o Sul e a inclinação é de 38°. No entanto, um desvio para Este ou Oeste não prejudica mais de 5%, desde que a inclinação se reduza para cerca de 25°. O sistema pode instalar-se respeitando a inclinação do telhado da habitação, minimizando-se, assim, o possível impacto visual do sistema com a arquitectura do imóvel, assegurando um ângulo mínimo de 8°, como se pode ver na figura 86. Quando possível, o ângulo com a horizontal será o da Latitude $\pm 5^\circ$. Os ângulos com a horizontal superior a 35° favorecem o Inverno e os ângulos inferiores a 35° favorecem o Verão. Assim, em instalações de uso estival, a inclinação deverá ser de 30° e, para instalações de uso anual, a inclinação deverá ser de 45°, sendo admissíveis desvios de $\pm 15^\circ$ para qualquer dos casos. Se por exemplo, o utilizador não tiver o telhado virado para sul, é ainda possível instalar os colectores na vertical junto à parede da habitação, como analisaremos no ponto três do presente capítulo, aquando do estudo da aplicação e integração das energias renováveis na construção.

Uma instalação solar pode envolver a colocação de alguns equipamentos em locais que, eventualmente, possam ficar visivelmente transformados. No entanto, é possível e é boa prática ter em conta a integração daqueles equipamentos nos locais onde se instalam, para minimizar o impacto arquitectónico (figura 90 e 91). Veremos este assunto, mais detalhadamente, no capítulo III, aquando do estudo da aplicação de energias renováveis na construção..

Uma vez analisados os diferentes tipos de colectores e os diferentes sistemas em que estes podem funcionar, vamos de seguida perceber como funciona um sistema solar na sua totalidade.



Figura 90– Exemplo de má integração arquitectónica de um campo de colectores num edifício.
www.aguaquentesolar.com



Figura 91– Exemplo de boa integração arquitectónica de um campo de colectores num edifício.
www.aguaquentesolar.com

Um sistema solar térmico é composto, basicamente por um ou mais painéis que captam a radiação do sol, por um depósito que conserva a água quente que será consumida e por um sistema de apoio que permite complementar a energia solar captada.

De um modo geral, o funcionamento de um sistema solar consiste em:

- Grande parte da radiação solar que atinge a cobertura transparente do painel é transmitida para o interior deste;
- A radiação é captada pela superfície absorvora (geralmente uma placa metálica com um revestimento negro). Esta superfície converte os raios solares em calor;
- Este calor é conduzido (pelo próprio material da placa) até aos tubos onde circula a água;
- A água é, depois, conduzida até ao depósito para ser armazenada até ser utilizada, como se pode ver na figura 92.

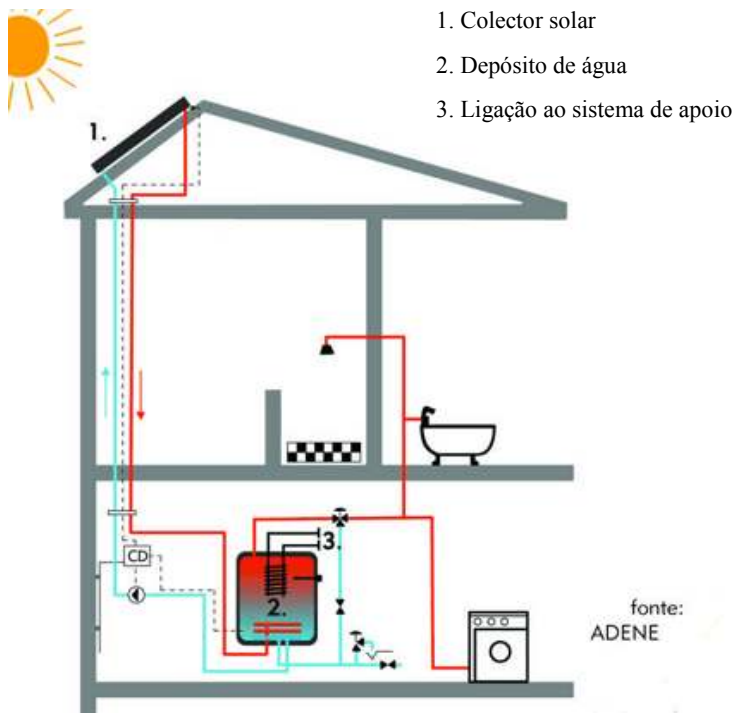


Figura 92– Esquema ilustrativo do funcionamento de um sistema solar.

Agência para a Energia
www.adene.pt

Relativamente aos painéis, como já vimos, existem vários tipos, contudo o mais comum é semelhante ao da figura 93.



Figura 93– Esquema ilustrativo do funcionamento de um painel solar. Direcção Geral de Geologia e Energia, em www.dgge.pt

O painel é formado pela cobertura transparente (geralmente é em vidro), pela superfície absorvora (chapa de metal de cor negra) e uma caixa com isolamento para evitar as perdas de calor. A cobertura transparente deixa passar para o interior do painel a radiação que vem do sol, mas impede a passagem para o exterior de parte da radiação que é reflectida pela superfície absorvora, como se pode ver no esquema da figura 94.

O depósito é o local onde a água fica armazenada até ser utilizada. O depósito de água deve ser de um material isolante de forma a evitar as perdas de calor.

Já o sistema de apoio é o sistema de energia auxiliar que realiza o aquecimento adicional da água, quando o sistema de energia solar não permite que tenhamos a água à temperatura pretendida. Por exemplo, nos dias de Inverno com chuva, é natural que a energia solar não seja suficiente para aquecer a nossa água – vai apenas fazer um pré-aquecimento, sendo necessário a utilização de um sistema de apoio, como por exemplo: uma caldeira a gás ou a biomassa, um esquentador, etc. Mas é precisamente este pré-aquecimento que nos vai fazer poupar o consumo de combustíveis fósseis.

Assim sendo, em condições normais, um sistema solar correctamente instalado, permite abastecer entre 60% a

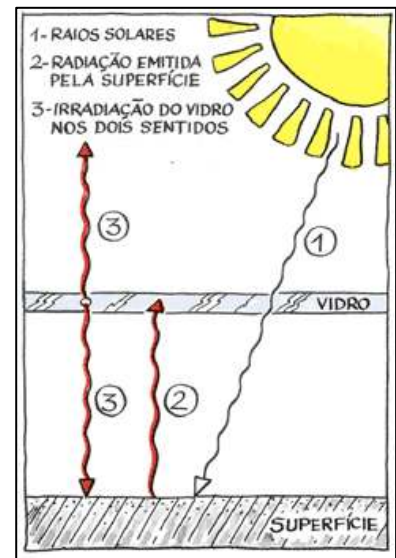


Figura 94– Esquema ilustrativo do funcionamento de um painel solar. Direcção Geral de Geologia e Energia, em www.dgge.pt

80% das necessidades de água quente de um lar, sendo o restante consumo garantido por um equipamento de apoio. Para que o dimensionamento seja adequado, é fundamental considerar o número de pessoas do agregado familiar e o consumo médio diário de água, para poder determinar a capacidade do depósito de água (litros) e a área de colectores a adquirir (figura 95).

Nº Pessoas	1	2	3	4	6
Consumo diário de água (litros)	50	100	150	200	300
Área de colectores recomendada	2 m ²			4 m ²	

Figura 95– Estudo para o dimensionamento de uma instalação de colectores solares.

Elaborado por Sofia Neves com base no estudo da Adene, Agência para a Energia.

“Sabemos que mais de 85 por cento da energia que Portugal consome é importada e de origem fóssil. O petróleo é a principal fonte de energia importada e, em 2004, a factura petrolífera nacional atingiu os 4,5 mil milhões de Euro. Mais, segundo os especialistas, sabemos ainda que, por cada 10 US dólar de aumento do preço do barril do petróleo e mantendo os níveis de consumo, a factura energética de Portugal aumenta cerca de um milhão de Euro.

Para além dos evidentes reflexos económicos desta situação, não podemos ainda esquecer as respectivas implicações na crescente má prestação do país em matéria de emissões de gases com efeito de estufa, sendo de esperar que também este facto se traduzirá num novo esforço financeiro para o país e todos os consumidores de energia. E, no entanto, esta dependência e impactos podiam ser atenuados caso Portugal utilizasse um recurso que muitas vezes é agitado como uma das suas marcas característica: o Sol ou, na vertente que nos interessa, a energia solar (só por curiosidade, o lema da campanha de promoção do Algarve, enquanto destino turístico, lançada

pela Região de Turismo do Algarve, é "Encha-se de Energia"!).

Se tivermos em conta que os portugueses usam em aquecimento de água sanitária (duchas, banhos, cozinha, etc.) mais de 20% da energia que utilizam em suas casas, ou seja, aproximadamente 4 % da energia primária consumida no nosso país, e que este tipo de aplicação é o que revela maior potencial imediato para a utilização da energia solar, a importância do aumento da contribuição desta fonte de energia para a satisfação daquela necessidade fica demonstrado.” (Luís Silva, Área de Promoção e Relações Exteriores da ADENE, em <http://spes.pt>)

Face a esta situação, têm sido tomadas várias medidas comunitárias e nacionais para promover e incentivar o uso da energia solar.

A directiva 2002/91/CE (directiva comunitária sobre o desempenho energético de edifícios) tem por objectivo principal aumentar a eficiência energética dos edifícios. O enquadramento global da directiva é a redução da importação de energia da UE e o cumprimento das metas estabelecidas pelo protocolo de Quioto.

A transposição para Portugal destas medidas acontece quando a 26 de Janeiro de 2006 foi aprovado em conselho de ministros o decreto-lei que regula O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (transposição da directiva comunitária nº 2002/91/CE, de 16 de Dezembro de 2002).

A transposição passou pela reformulação, dos Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios (RSECE).

Os parâmetros abrangidos pelo RCCTE são entre outros:

- Limitar as necessidades de aquecimento e arrefecimento;
- Limitar a energia para o aquecimento de águas quentes sanitárias (AQS);
- Limitar as necessidades de energia primária;
- Instalar obrigatoriamente colectores solares térmicos.

O diploma começou a ser aplicado em 2007, abrangendo os grandes edifícios residenciais e de serviços a construir. A partir de 2009 serão abrangidos os edifícios existentes.

Em 2001, no âmbito do programa E4 (resolução do Conselho de Ministros nº 154/2001) – Eficiência Energética e Energias Endógenas, foi lançado o Programa "Água Quente Solar para Portugal" que previa a instalação, até 2010, de um milhão de metros quadrados de colectores solares. Os resultados alcançados até à data estão ainda muito distantes daquele objectivo, apesar das várias iniciativas e projectos realizados, como se pode ver na figura 96.

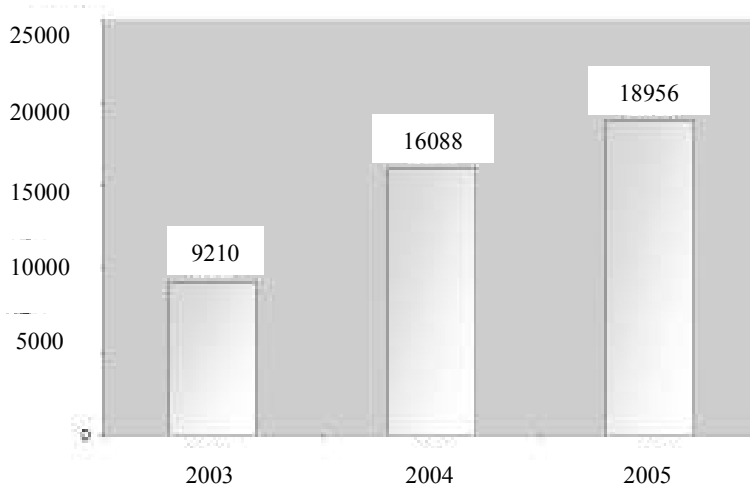


Figura 96– Área total de colectores instalados por anos.

Área instalada (m²/ano).

Caracterização para o solar térmico em Portugal em 2005.

www.aguaquentesolar.com

Por outro lado constata-se ainda que, da área de colectores instalados, 58% foi instalada no sector residencial, como se pode ver na figura 97, da página seguinte.

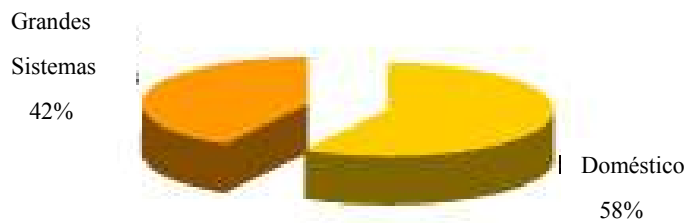


Figura 97– Distribuição da área instalada por tipo de aplicação em 2004.

Caracterização para o solar térmico em Portugal em 2005.

www.aguaquentesolar.com

“Portugal é um país rico no recurso solar. Um dos mais ricos da Europa! Até hoje não tem usado esse recurso como fonte de energia explícita para as suas necessidades energéticas, e nisso tem uma originalidade que não nos ilustra. Mas há sinais de mudança. Na realidade não só a tecnologia do solar térmico existe no nosso país, como começam a despontar os primeiros investimentos significativos conducentes a uma mudança.” (Eng.º Manuel Collares Pereira, Investigador Coordenador INETI, “Materiais para a Energia Solar Térmica”)

Contudo, o aproveitamento da energia solar não se fica apenas pelo aquecimento de águas ou para climatização. A produção de electricidade a partir da energia solar também pode ser feita por conversão térmica, não apenas via fotovoltaico. Utilizam-se sistemas que concentram a radiação incidente numa cavidade absorvedora e aquecem a alta temperatura, um fluido - ar, água, óleo térmico que pode então ser utilizado num ciclo termodinâmico convencional, inteiramente idêntico ao que se faz nas centrais termoeléctricas convencionais a combustíveis fósseis.

Se o produto final do sistema solar for vapor teremos este a passar numa turbina de vapor acoplada a um gerador para produção de electricidade, se for ar quente a alta temperatura e pressão, este passa numa turbina a gás para o mesmo efeito. Pode ainda ter-se um motor do tipo Stirling

com um ciclo de expansão e compressão de um gás (ar, por exemplo). Mais perto de uma situação de utilização no mercado estão as tecnologias solares que produzem vapor e as do tipo motor Stirling.

Muito mais se poderia dizer sobre produção de electricidade a partir de energia solar termodinâmica, contudo, esse não será o objectivo do presente trabalho.

A opinião é de facto consensual, a energia solar é abundante, gratuita e amiga do ambiente, com ela podemos reduzir a nossa factura energética e a nossa factura ambiental. Ao utilizá-la, estaremos a aproveitar um recurso natural que tantos benefícios nos pode trazer como vimos no desenvolver deste tema. Por outro lado, já existe legislação, incentivos, tecnologia e mercado para aplicar o seu uso.

As vantagens de uma instalação solar são contabilizadas quer pela capacidade de contribuição com energia do sistema solar em determinadas condições climáticas, e são quantificadas mediante a contribuição solar anual, que corresponde à energia que o sistema fornece para um determinado consumo (unidades de energia, kWh ou MJ), quer ainda pela fracção solar, que corresponde à percentagem da contribuição anual de energia solar em relação à necessidade energética total.

Muitos são os factores que podem influenciar o seu desempenho como o clima,. As condições e regime de consumo, a superfície de captação e rendimento dos colectores solares, a eficiência do sistema de intercâmbio, mas também o volume do acumulador solar.

Por outro lado, uma das questões que geralmente é apontada como obstáculo à utilização de tecnologias limpas para recursos energéticos, é o preço, embora como vimos, tornar uma casa amiga do ambiente não aumenta o

seu preço em mais do que 5% a 7%, sendo que o custo de instalação é recuperado num período não superior a 8 anos.

“(...) é necessário mudar os actuais incentivos fiscais quebrando a acumulação com outras rubricas (...) Há que nivelar o mercado da energia (...) gás e electricidade só pagam 5% de IVA, enquanto o solar vai de 11% a 21%”.
(Eng.º Manuel Collares Pereira, Investigador Coordenador INETI, “Materiais para a Energia Solar Térmica”)

Após a análise efectuada ao sistema solar térmico, vamos de seguida abordar o sistema solar fotovoltaico, ainda no âmbito da energia solar activa.

1.2.2.2. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Uma das tecnologias renováveis mais promissoras e recentes de geração de energia eléctrica é a fotovoltaica, que gera energia de forma distribuída. A energia da luz do Sol pode ser convertida directamente em energia eléctrica através do efeito fotovoltaico.

A energia solar fotovoltaica é uma fonte de electricidade limpa, pois o seu funcionamento não provoca emissões indesejáveis, e é também renovável devido à natureza inesgotável do Sol.

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmund Becquerel (figura 98), que produziu uma corrente eléctrica ao expor à luz dois eléctrodos de prata num electrólito³. Em 1877, W. G. Adams e R. E. Day (figura 99) construíram a primeira célula solar baseada em dois eléctrodos de selénio que produziam uma corrente eléctrica quando expostos à radiação, mas a eficiência

³ E. Becquerel, *Memoires sur les effets electriques produits sous l'influence des rayons*, Comptes Rendues 9 (1839) 561

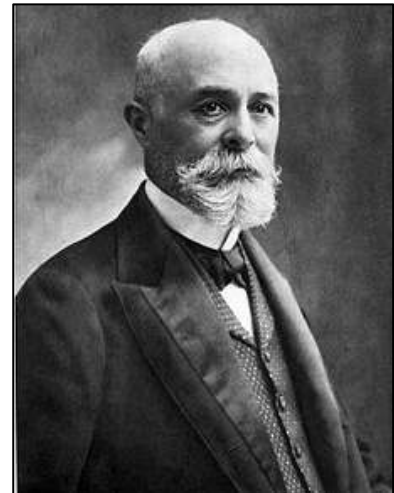


Figura 98– Edmund Becquerel. (1820- 1891), físico experimental francês, descobriu o efeito fotovoltaico num electrólito. “Guia da Energia Solar”, Concurso Solar Padre Himalata, em <http://www.cienciaviva.pt>



Figura 99– William Adams. (1836- 1915), Adams and Day detectam igualmente o fenómeno no Selénio e constroem a primeira célula fotovoltaica. “Guia da Energia Solar”, Concurso Solar Padre Himalata, em

destes sistemas era tão reduzida que o desenvolvimento de células solares realmente interessantes teve que esperar por uma compreensão mais completa dos materiais semicondutores⁴.

Só em 1954, D. M. Chapin e colaboradores, do Bell Laboratory, nos Estados Unidos da América, publicaram o primeiro artigo sobre células solares em silício, ao mesmo tempo que registavam a patente (figura 100) de uma célula com uma eficiência de 4.5%.⁵

A explicação científica para o facto da luz poder ser transformada directamente em electricidade foi dada por Albert Einstein, em 1905 (figura 101). O seu trabalho sobre a lei do “Efeito Fotoeléctrico” de 1905 esta na origem dos sistemas fotovoltaicos modernos.

Na verdade, uma mera coincidência esteve na origem da célula solar moderna. Calvin Fuller e Gerald Pearson estavam a desenvolver um transistor e, inadvertidamente, criaram em laboratório a célula solar. Em parceria com Darryl Chapin, os cientistas apresentaram o seu “Aparato Conversor de Energia Solar”, com base de silicone, em 1953. Esta foi então a grande descoberta. Em 1958, é lançado o primeiro satélite equipado com um dispositivo de energia fotovoltaica (figura 102 da página seguinte). Hoje, ainda são os módulos fotovoltaicos a assegurar a energia padrão às neves espaciais.

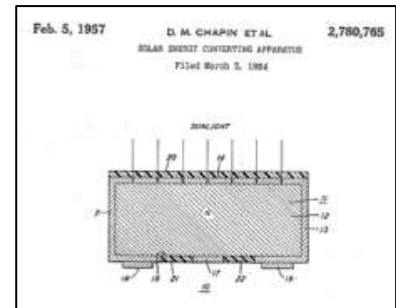


Figura 100– Extracto da patente da primeira célula solar, registada em Março de 1954 por D. M. Chapin e colaboradores do Bell Laboratories., Faculdade de ciências da Universidade de Lisboa.

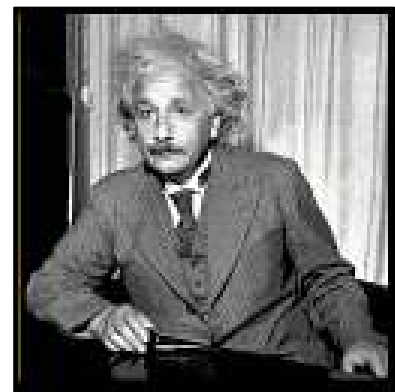


Figura 101– Albert Einstein (1836- 1915), em 1923 recebeu o prêmio Nobel pelos trabalhos do efeito fotoeléctrico, “Guia da Energia Solar”, Concurso Solar Padre Himalata, em <http://www.cienciaviva.pt>

⁴ W. G. Adams, R. E. Day, *The action of light on selenium*, in *Proceedings of the Royal Society*, A25, 113

⁵ D. M. Chapin, C. S. Fuller, G. L. Pearson, *A New Silicon p-n Junction Photocell for Converting Solar Radiation into Electrical Power*, *Journal of Applied Physics* 25 (1954) 676; D. M. Chapin, C. S. Fuller, G. L. Pearson, *Solar Energy Converting Apparatus*, Patente US2780765.

Actualmente, o desenvolvimento da tecnologia solar PV (fotovoltaico) pode-se dizer na sua terceira era ou geração. A primeira geração baseia-se em tecnologia standard de silício cristalino, nas suas configurações mono e multicristalina, sendo que é esta a geração que ainda hoje domina o mercado global.

O aparecimento da segunda geração PV foi motivado pela tentativa de reduzir o custo associado à tecnologia fotovoltaica, essencialmente através do desenvolvimento de materiais de mais baixo custo e com processos produtivos mais eficientes. De facto, em 1976 surgiu por Calson a primeira célula em silício amorfo hidrogenado, que viria ser a primeira tecnologia da geração do filme fino. Esta designação advém da espessura da célula que é francamente inferior à das tecnologias cristalinas (cerca de uma ordem de grandeza), conseguida por deposição de vapor. As tecnologias de filme fino actualmente disponíveis no mercado utilizam não só conceitos evoluídos das primeiras células de silício amorfo, como também outros materiais, designados por policristalinos. Destes últimos, aqueles que têm recebido maior atenção por parte da comunidade científica e por empresas com actividades "pré-mercado" são os filmes CIS (Cobre Índio Selénio) e CdTe (Cádmio Telúrio). Não obstante o seu carácter promissor, os filmes finos não têm tido o desenvolvimento de mercado esperado, quer devido a problemas de estabilidade, quer devido a considerações ambientais, cuja eventual severidade ainda não está demonstrada.

A terceira geração corresponde ao actual estado de desenvolvimento, em que se assiste ao aparecimento de novos materiais e conceitos de arquitectura de célula, bem como à combinação de técnicas inerentes à primeira e segunda geração. Tem-se igualmente assistido ao

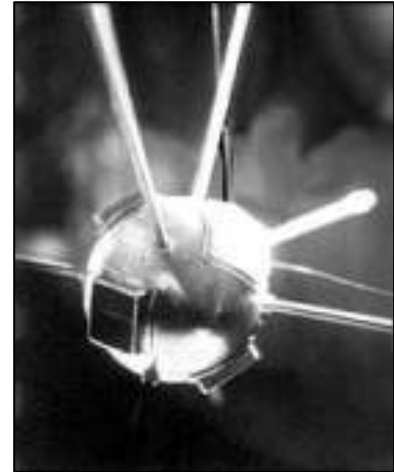


Figura 102– Satélite VANGUARD- 1 (1958), primeiras aplicações espaciais.

“Guia da Energia Solar”, Concurso Solar Padre Himalata, em <http://www.cienciaviva.pt>

desenvolvimento específico de materiais para determinadas aplicações, como por exemplo, o desenvolvimento de células cristalinas transparentes para o mercado das aplicações em edifícios (permitindo uma maior aplicabilidade nas fachadas).

De início, a energia fotovoltaica era uma forma de tecnologia dispendiosa, usada somente em aplicações especiais. A crise petrolífera de 1973 e a catástrofe de Chernobyl em 1986 forçaram, no entanto, a pesquisa de novas fontes regenerativas de energia. A conversão de luz solar em electricidade e calor depressa originou um “boom” nos meios científicos, resultando em fontes de energia mais acessíveis a utilizadores particulares.

“Pode-se dizer que o entusiasmo pelas aplicações terrestres de tecnologia PV atingiu um auge na década de 70, no seguimento da crise de petróleo que a marcou. Acreditava-se então que a energia solar fotovoltaica poderia contribuir de modo significativo para satisfazer a procura mundial de energia eléctrica, o que deu origem a múltiplos programas de investigação destinados a ultrapassar duas barreiras tecnológicas fundamentais: o custo de produção e a eficiência de transformação (...)

No entanto, a década de 80 trouxe consigo um mercado de petróleo estabilizado e um conseqüente arrefecimento do entusiasmo que rodeara estas tecnologias, enfatizado por avanços tecnológicos modestos que haviam sido alcançados após 10 anos de intensos esforços de investigação.

O interesse genérico por energias renováveis, e em particular pelas tecnologias solares PV, ressurgiu então na década de 90, após a conferência do Rio e conseqüente institucionalização da sustentabilidade como paradigma de desenvolvimento. Indiferente a estas oscilações de

popularidade, a indústria PV, embrionariamente estabelecida na década de 70, continuou nos bastidores uma busca incessante pela diminuição do custo e aumento de eficiência. Foram desde então alcançados avanços tecnológicos significativos ao nível dos materiais e dos processos produtivos. Dê-se como exemplo os painéis monocristalinos: em 1978 o custo de produção situava-se nos 21 €/Wp (Wp = Watt-pico, potência nominal) para eficiências da ordem dos 2%, enquanto que em 2001 estimou-se um custo inferior a 4 €/Wp para eficiências da ordem dos 14%.”. (Maria João Rodrigues, Investigadora do Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas de Desenvolvimento, IST, www.spes.pt)

Actualmente, é corrente a produção das chamadas células de filme fino. O rácio custo – benefício é eficiente, já que a sua produção exige pouco silicóneo. As células, depositadas num meio como o vidro, podem ser instaladas facilmente em fachadas, fazendo com que seja ainda mais apelativo o seu uso nas construções (no ponto três do presente capítulo veremos mais detalhadamente a questão da aplicações e integração dos painéis nas construções).

Após esta primeira abordagem e contextualização acerca da energia solar fotovoltaica, vamos de seguida analisar mais detalhadamente os diferentes tipos de células, de painéis e sistemas que envolvem o processo de transformação de energia solar em energia eléctrica.

O painel fotovoltaico é um dispositivo constituído por aproximadamente trinta e seis células solares, utilizadas para converter energia solar em electricidade.

A conversão directa da energia solar em corrente eléctrica é feita nas células solares através do efeito fotovoltaico, que consiste na geração de uma diferença de potencial eléctrico através de radiação, ou seja, a célula fotovoltaica

trabalha segundo o princípio de que, fótons incidentes colidindo com os átomos de certos materiais, provocam um desdobramento dos electrões, carregando-os negativamente e gerando assim uma corrente eléctrica. Este processo de conversão não depende do calor, até porque o rendimento da célula solar desce quando a sua temperatura aumenta.

Deste modo, vejamos os três tipos principais de células solares:

- As células mono cristalinas (figura 103) – como já foi referenciado, estas células representam a primeira geração. O seu rendimento eléctrico é relativamente elevado (aproximadamente 16% podendo subir até cerca de 23% em laboratório), contudo, as técnicas utilizadas na sua produção são caras e complexas, por outro lado, é necessária uma grande quantidade de energia no seu fabrico (devido à exigência de utilizar materiais em estado muito puro e com uma estrutura de cristal perfeita).
- As células poli cristalinas (figura 104) – têm um custo de produção inferior por necessitarem de menos energia no seu fabrico, mas apresentam um rendimento eléctrico inferior (entre 11% e 13%, obtendo-se até 18% em laboratório). Esta redução de rendimento é causada pela imperfeição do cristal, devido ao sistema de fabrico.
- As células de silício amorfo (figura 105) – são as que apresentam o custo mais reduzido, mas em contrapartida o seu rendimento eléctrico é também o mais reduzido (aproximadamente 8% a 10%, ou 13% em laboratório). As células de silício amorfo são películas muito finas, o que permite serem utilizadas como material de construção, tirando ainda o proveito energético.

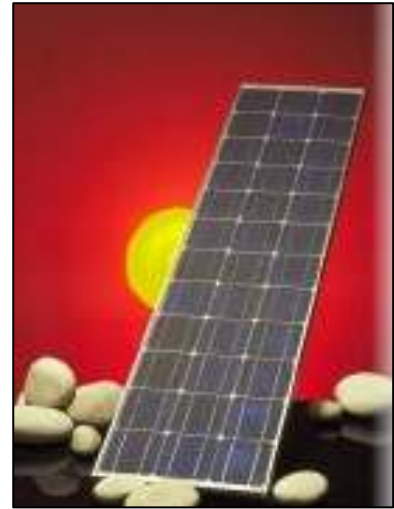


Figura 103–Painel mono cristalino ISO-FOTON na MOVITRON.

<http://www.contrulink.com>



Figura 104– Painel poli cristalino KYOCERA na REVEZ – SOLAR.

<http://www.contrulink.com>



Figura 105– Células de silício amorfo, UNI – SOLAR na MOVITRON.

<http://www.contrulink.com>

. Na figura 106 da página seguinte, podemos ver o rendimento eléctrico dos vários tipos de células fotovoltaicas.

	Rendimento Típico	Máximo registados em aplicações	Rendimento máximo registado em laboratório
Mono cristalina	12 – 15%	22.7%	24.0%
Poli cristalina	11 – 14%	15.3%	18.6%
Silício amorfo	6 - 7%	10.2%	12.7%

Figura 106– Rendimento eléctrico dos vários tipos de células fotovoltaicas.

Bp Solar, em www.bp.com

A conversão directa da radiação solar em electricidade consegue-se em materiais semicondutores, com campos eléctricos internos capazes de acelerar os pares de electrões criados por incidência dos fotões solares de forma a gerar uma corrente eléctrica que alimenta um circuito eléctrico exterior, como se pode ver na figura 107.

Uma célula individual, unidade de base dum sistema fotovoltaico, produz apenas uma reduzida potência eléctrica, o que tipicamente varia entre 1 e 3 W, com uma tensão menor que 1 Volt. Para disponibilizar potências mais elevadas, as células são integradas, formando um módulo (ou painel). Ligações em série de várias células aumentam a tensão disponibilizada, enquanto que ligações em paralelo permitem aumentar a corrente eléctrica.

A maioria dos módulos comercializados é composta por trinta e seis células de silício cristalino, conectadas em série, para aplicações de 12V. Quanto maior for o módulo, maior será a potência e/ou a corrente disponível.

Deste modo, distinguem-se, geralmente três tipos de painéis solares:

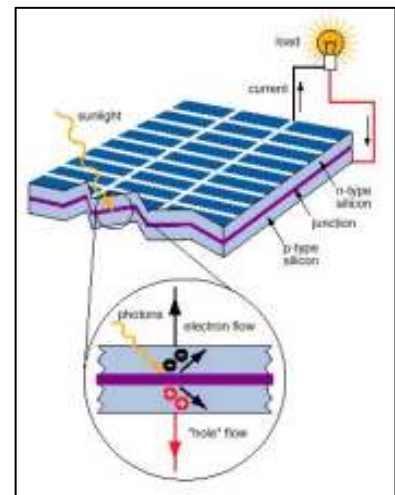


Figura 107– Conversão directa da radiação solar em electricidade.

<http://www.contrulink.com>

- Painel de baixa voltagem/ baixa potência – é normalmente feito de 3 até 12 pequenos segmentos de silício amorfo, com uma superfície total de alguns centímetros quadrados. A voltagem encontra-se entre 1.5 e 6 V, e a potência é de alguns miliwatts. O uso de este tipo de módulos é frequente em relógios, calculadoras, etc.
- Pequenos painéis – normalmente de 1-10 W e 3-12 V. O uso destes módulos aplicam-se em rádios, jogos, pequenas bombas de água, etc.
- Grandes painéis – normalmente de 10 até 60 W, com uma tensão de 6 ou 12 V. O uso destes módulos aplicam-se essencialmente em grandes bombas de água, para responder às necessidades de electricidade de caravanas (luz e refrigeração), e também em casas.

A energia eléctrica produzida por um sistema fotovoltaico pode ser intermitente e imprevisível, já que depende não só das variações dia/ noite mas também das condições climáticas, assim, na grande generalidade das aplicações é necessário prever alguma forma de armazenamento e/ou geração auxiliar de electricidade.

Deste modo, existem diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos:

- Sistemas isolados – estes são sistemas constituídos por um conjunto de painéis, um regulador de carga, uma ou mais baterias e um inversor. Os reguladores de carga são os responsáveis pelo controlo da carga das baterias. Por sua vez as baterias deverão ter capacidade suficiente para alimentar as cargas durante a noite ou durante dias com baixos valores de radiação.
- Sistemas híbridos – estes sistemas consistem na combinação de sistemas painéis com outras fontes de energia que asseguram a carga das baterias na ausência

de sol. As fontes de energia de auxílio podem ser, Diesel, gás ou geradores eólicos. Estes sistemas têm que estar equipados com sistemas de controlo mais eficientes que os sistemas isolados de pequena dimensão. Por exemplo, no caso dos sistemas PV/Diesel o gerador Diesel deverá passar a funcionar quando as baterias atingirem o seu nível mínimo de carga e deverá deixar de funcionar quando atingirem um nível de carga aceitável. Para um sistema PV/Diesel é utilizado um menor número de painéis e uma menor capacidade das baterias. Isto implica que para a mesma ordem de grandeza os sistemas híbridos sejam por vezes mais baratos que os sistemas isolados apesar dos elevados custos de projecto.

- Sistemas com ligação à rede eléctrica – estes sistemas são constituídos por um conjunto de painéis e um inversor não sendo necessário o uso de baterias. Estes sistemas podem ser de pequena dimensão, para alimentação de pequenas cargas residenciais ou não residenciais, ou de média e grande dimensão constituindo centrais fotovoltaicas com potências instaladas entre as dezenas de kW pico e alguns MW pico.

À semelhança dos painéis solares térmicos, a correcta colocação dos módulos fotovoltaicos influencia directamente o seu desempenho, assim sendo, os módulos deverão estar colocados de forma a terem a maior exposição solar possível. A orientação com maior exposição no nosso país é a Sul. A inclinação dos módulos depende do fim a que estes se destinam. Em sistemas isolados (sem ligação à rede) a inclinação recomendada é de 15° superior ao da latitude do local de instalação, pois nestes casos o fornecimento de energia no Inverno é

fundamental. Em sistemas ligados à rede a inclinação recomendada é 10° abaixo da latitude do local de instalação, pois nestes casos o objectivo principal é a maximização da produção anual de energia (figura 108).

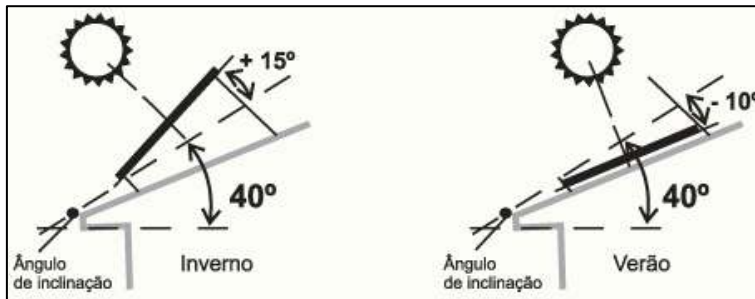


Figura 108– Colocação dos módulos fotovoltaicos.

<http://www.4eolic.com>

Feita a análise aos diferentes tipos de células, de painéis e de sistemas, bem como analisada a sua correcta orientação, propomo-nos a confirmar algumas vantagens e desvantagens da utilização da energia solar fotovoltaica.

As principais vantagens atribuídas aos sistemas fotovoltaicos são a facilidade de manutenção (apenas é necessário proceder-se periodicamente à sua limpeza); a possibilidade de armazenar a electricidade gerada em baterias; os impactes relativamente reduzidos, principalmente na fase de operação e a contribuição para a redução da dependência externa, em termos de importação de combustíveis fósseis.

Em relação às desvantagens referem-se os custos de implementação associados; as condicionantes inerentes à natureza da energia solar – as alterações de luz ao longo das 24 horas, a presença de condições climáticas desfavoráveis (chuva, nuvens) e o sombreamento causado por árvores ou edifícios – que reduzem o rendimento do sistema; a necessidade de manutenção e substituição de baterias e os impactes negativos durante as fases de produção, construção e desmantelamento.

Vejamos de seguida o estado da arte em Portugal.

Na União Europeia, Portugal é, depois da Grécia e da Espanha, o país com maior potencial de aproveitamento de energia solar. Com mais de 2300 horas/ano de insolação na Região Norte, e 3000 horas/ano no Algarve, o nosso país dispõe de uma situação privilegiada para o desenvolvimento deste tipo de energia, que não se tem, no entanto, verificado, à semelhança do que já foi referido a quando do estudo da energia solar térmica.

Além do elevado investimento inicial, a insuficiência e falta de adequabilidade dos incentivos que têm vindo a ser atribuídos, a carência de regulamentos específicos e de normas de qualidade aplicadas aos instaladores e aos equipamentos, têm dificultado o desenvolvimento das aplicações fotovoltaicas no nosso país.

O mercado de fotovoltaicos tem assumido mais expressão nos últimos anos pois a evolução tecnológica também se tem feito sentir mais nos últimos anos. Embora o mercado seja dominado pela tecnologia de silício cristalino, há desenvolvimentos em películas mais finas, começando ainda a surgir as de terceira geração.

Em Portugal a energia solar fotovoltaica é também uma das mais promissoras fontes de energia renovável e um dos principais vectores do seu desenvolvimento (um segmento onde se aguardam 150 Mwp instalados em 2010), isto graças à sua reduzida manutenção, ao tempo de vida elevado (cerca de 25 anos), mas também à sua integração em edificios (figura 109), assim como à *“possibilidade de uma integração técnica e estética e de desenvolver módulos sobre materiais comuns de construção civil”* (António Joyce, responsável pelo estudo “Sistemas Fotovoltaicos”).

Portugal inaugurou a 28 de Março de 2006 a maior central solar fotovoltaica, em Serpa, caminhando assim para o



Figura 109– Sistema de iluminação e TV em Moradia - Beira Alta.

“Guia da Energia Solar”, Concurso Solar Padre Himalata, em <http://www.cienciaviva.pt>

cumprimento dos objectivos estabelecidos no âmbito da produção de energia eléctrica através de energias renováveis (figura 110).

Iniciada em Junho de 2006, a central está instalada numa área de 60 hectares, é composta por 52.000 painéis e produz energia para a rede eléctrica desde Janeiro último.



Figura 110– Central fotovoltaica de Serpa, Alentejo.

www.jornaldenegocios.pt

“Estamos a assistir à inauguração da maior central fotovoltaica do mundo... São raros os campos em que Portugal está numa posição de liderança...O posicionamento de Portugal neste sector resulta da conjugação de três atitudes concretas: visão, liderança e capacidade de execução (...) Portugal é o detentor de um dos três objectivos mais ambiciosos da União Europeia no que diz respeito às energias renováveis, ou seja, produzir 45% da nossa electricidade a partir de energias renováveis, como a água, o vento, o sol e a biomassa”. (Manuel Pinto, Ministro da Economia, em www.jornaldenegocios.pt)

“Face à tendência actual, nomeadamente ao nível da UE, para aumentar significativamente a penetração de energias renováveis nos sistemas energéticos, será de esperar uma feroz competição pelo recurso solo entre energias renováveis. A energia PV está neste sentido numa situação privilegiada, se o mercado for orientado para as

superfícies disponibilizadas pelos edifícios e outras estruturas urbanas.” (Maria João Rodrigues, IST, www.spes.pt)

Sendo a arquitectura uma ferramenta para impulsionar o uso e a aplicação de energias renováveis na construção, os arquitectos são, sem dúvida, a classe profissional que muito pode contribuir para alcançar o desejado desenvolvimento sustentável (arquitectura sustentável).

De facto, a sustentabilidade na construção passa pelo uso de energias renováveis. Para isso, é necessário um conhecimento da matéria para que a aplicação e integração dessas energias aconteça de forma eficiente e sem abdicar da estética e funcionalidade das construções. Para tal, no próximo capítulo analisaremos esta temática, como o objectivo de entender como podemos actuar enquanto profissionais e para fazer entender à sociedade que a aplicação de energias alternativas nas construções é uma realidade nos nossos dias.

Nesse sentido, vamos dar como exemplo o projecto BED ZED, em Inglaterra, pioneiro no país e que se revelou um enorme sucesso na área da sustentabilidade, veremos também o edifício SOLAR XXI, em Lisboa do Instituto Nacional da Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI), que se tornou num exemplo para promotores, construtores e projectistas dos edifícios, no sentido de demonstrar que é possível construir edifícios menos consumidores de energia, realçando o papel da Energia Solar nas construções.

Por fim, veremos ainda um projecto de recuperação de dois armazéns em Lisboa (Xabregas), em se pretende mostrar uma intervenção capaz de tirar partido da energia solar (passiva e activa).

CAPÍTULO III.

I.1. A APLICAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NA CONSTRUÇÃO

O desafio da integração das energias renováveis em edifícios vai muito para além de as incluir como acessórios ou brinquedos, descomprometidos do sistema que constitui o próprio edifício. E para poder desenvolver uma relação entre todas as partes do próprio sistema que constitui o edifício, é necessária a colaboração entre todos os membros da equipa de projecto, independentemente da especialização.

Não basta colocar painéis fotovoltaicos ou térmicos nas coberturas de edifícios, se estes não tenham tido na sua concepção preocupações básicas (passivas) para serem mais eficientes (para equilibrar o seu consumo de energia). Muitas vezes estes sistemas que captam a energia solar não são bem dimensionados nem correctamente integrados e o seu rendimento revela-se um fracasso. É pois necessário um estudo prévio das necessidades do edifício, bem como das funções que este irá desempenhar, ou seja, é fundamental um adequado dimensionamento destes sistemas, antes de se incorporar num qualquer edifício um sistema que lhe permite captar uma energia renovável e transformá-la em energia útil, é necessário garantir que o próprio edifício esgotou todas as medidas ao seu alcance, que aumentam a sua eficiência energética, ou seja todas as medidas que permitem reduzir as suas necessidades energéticas ao mínimo. Apenas após ter alcançado o nível

máximo de eficiência energética possível, então aí será aceitável incorporar a utilização de energias renováveis.

“No caso do clima mediterrânico, que é a realidade que caracteriza Portugal, o papel das energias renováveis pode ser fundamental, desde que extremamente bem integradas nos edifícios, porque temos um clima ameno (que nos permite com a construção adequada reduzir a um mínimo as nossas necessidades energéticas) e porque temos uma abundância de energias renováveis ao nosso dispor (a solar, a eólica, a geotérmica - todas passíveis de serem integradas à escala dos edifícios), contribuindo assim para a descentralização da produção de energia, o que por sua vez nos dará maior segurança ao abastecimento da energia, porque é reduzida a dependência dos combustíveis fósseis nestes edifícios (...). Se observarmos o comportamento de projectos de demonstração que são construídos em países como o Reino Unido, a Alemanha e a Áustria, cujo clima é tudo menos ameno e cujo acesso à energia renovável do sol é muito inferior em comparação connosco, quase que podemos assumir que os nossos projectos de demonstração poderão ser completamente independentes de energias convencionais.

Tanto em edifícios inseridos em malha urbana como em edifícios inseridos em meio rural, será necessário aferir e dar a conhecer o potencial de integração das energias renováveis e os desafios que podem ser colocados à próxima geração de edifícios.” (Arquitecta Livia Tirone, em www.spes.pt)

Vejamos de seguida, de forma sintetizada algumas possibilidades de integração de energias renováveis na construção.

Como já referimos anteriormente, a instalação de colectores solares térmicos, é um dos sistemas mais acessíveis para aquecer água. Captam a energia do Sol e transformam-na em calor. Estes sistemas permitem efectivamente, poupar até 70% da energia necessária para o aquecimento da água. Como vimos, os edifícios novos com condições de exposição solar adequada são obrigados a ter colectores solares para a produção de água quente, sempre que seja tecnicamente viável.

Em Portugal, a "Casa Solar", localizada em Freixo de Espada à Cinta (figura 111), foi um dos projectos pioneiros de autosuficiência com a utilização de energias renováveis. Relativamente à produção de água quente para consumo, foi utilizado um sistema clássico de aproveitamento de energia solar térmico, constituído por dois painéis agregados a um termoacumulador de água quente sanitária (figura 112).

Um computador com software adequado, controla e gere todo o funcionamento deste sistema, registando parâmetros tais como, o valor máximo e mínimo de energia gerada diariamente, a intensidade da radiação solar e o número de horas desta, o consumo diário de energia, etc., que servem para análise e fonte de informação para projectos futuros.

Por outro lado, os painéis solares fotovoltaicos, são, como vimos, uma das mais promissoras formas de aproveitamento de energia solar. Estes sistemas podem ser utilizados em locais isolados, sem rede eléctrica, ou como sistemas ligados à rede. O mesmo projecto ("Casa Solar"), em Freixo de Espada à Cinta, tem instalado painéis fotovoltaicos para a produção de electricidade a partir da energia solar (figura 113).

Os consumos eléctricos (220V 50/Hz) da casa são os seguintes:



Figura 111– Mapa de Portugal, “Casa Solar” em Freixo de Espada à Cinta.

www.acm.lda.pt



Figura 112– A “Casa Solar” em Freixo de Espada à Cinta – painéis solares Térmicos.

www.acm.lda.pt



Figura 113– A “Casa Solar” em Freixo de Espada à Cinta – painéis solares Fotovoltaicos.

www.acm.lda.pt

17 lâmpadas de 60 W = 3 kW/dia;

1 frigorífico = 1,5 kW/dia;

1 televisor e rádio = 0,4 kW/dia;

1 moinho de café e 1 batedeira = 0,2 kW/dia;

1 bomba submersível para abastecimento de água = 1,1 kW/dia.

Esta instalação é formada por um conjunto de painéis solares fotovoltaicos SIEMENS colocados sobre a cobertura da casa, orientados para o sul geográfico e com uma orientação de 30° em relação à horizontal, favorecendo a captação da energia solar.

A electricidade de baixa tensão (corrente contínua) gerada pela captação de energia solar, é conduzida para um compartimento próprio, ventilado, situado no vão do telhado, onde se efectua o carregamento das baterias estacionárias. A energia acumulada nas baterias é então conduzida aos conversores que, por sua vez, transformam a corrente contínua em corrente alterna de 220 Volts para abastecimento da casa.

Para a iluminação exterior, utilizou-se um sistema autónomo constituído por um mastro de iluminação com uma lâmpada fluorescente de 18 W. Este mastro incorpora um pequeno painel fotovoltaico e uma bateria de acumulação de 45 Ah/12 Volts que, carregada durante o dia, permite iluminar o exterior durante 7 a 10 horas por noite.

Contudo, a aplicação e integração de energias renováveis na construção não se cingem apenas à energia solar. O aproveitamento da energia eólica (recurso também ele abundante no nosso país) é uma possibilidade. A energia dos ventos acciona micro – turbinas eólicas para produzir electricidade. Embora as grandes centrais eólicas sejam o mais comum do aproveitamento da energia dos ventos, têm

sido desenvolvidos equipamentos de menor dimensão, que podem ser colocados no topo das habitações, evitando a perda do espaço útil. Estes sistemas podem ser uma boa opção de investimento, podendo reduzir o consumo de electricidade de 50% a 90%.

Vejamos o exemplo de uma pequena quinta autosuficiente localizada no Alentejo. A electricidade era proveniente de um gerador de gásóleo que alimentava a iluminação interior (200 m²) e exterior, bomba de água, assim como vários equipamentos domésticos (2 televisões, frigorífico, máquina de lavar loiça e roupa).

O sistema instalado engloba 8 painéis solares de 60 watt montados sobre um “solar tracking frame” que segue o sol, para maximizar a potencial dos painéis (figura 114). Estes painéis trabalham em conjunto com uma micro turbina eólica de 1kW, montada numa torre de 13 metros de altura (figura 115). Toda a energia gerada é acumulada em 12 baterias de 920 Ah de 24 volts. A casa é alimentada com 240 volts AC, através de um inversor de onda de 1800 watt. Mantém-se o gerador a gásóleo, como sistema de backup, como se pode ver na figura 116.



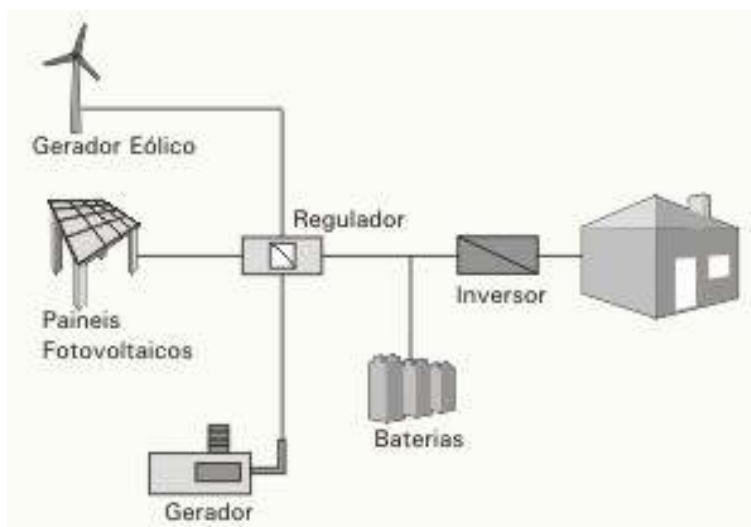
Figura 114– Casa no Alentejo com integração de painéis fotovoltaicos para produção de electricidade.

www.4eolic.pt



Figura 115– Casa no Alentejo com integração de uma micro turbina eólica para produção de electricidade.

www.4eolic.pt



Durante os 12 meses de acompanhamento, o sistema ultrapassou todos os testes de fiabilidade e qualidade,

Figura 116– Casa no Alentejo com integração de painéis fotovoltaicos e de uma micro turbina eólica para produção de electricidade – sistema de funcionamento.

www.4eolic.pt

dando reais garantias de fornecimento da energia. A manutenção que o sistema obriga, limita-se à verificação dos níveis das baterias e do gerador, assim como uma inspecção anual à turbina eólica.

O sistema necessitou de um investimento de 26 mil euros. O retorno do investimento foi imediato, pois o outro cenário, de fornecimento de energia pela EDP, implicava uma ligação à Rede Eléctrica Nacional (REN) que foi orçamentada em 31 mil euros.

Outra possibilidade de aplicação de energias renováveis nas nossas casas é o aproveitamento do calor proveniente do interior da Terra (bombas de calor geotérmico). Ao contrário das caldeiras convencionais, as bombas de calor geotérmico actuam como máquinas de transferência de calor. No Inverno, absorvem o calor da Terra e levam-no para o interior da casa (figura 117), já no Verão, funcionam como ar condicionado, retirando o calor de dentro da habitação para refrigerá-la no solo (figura 118).

Ou seja, esta tecnologia aproveita o facto da temperatura do subsolo permanecer relativamente constante todo o ano, superior à temperatura do ar do Inverno e inferior no Verão. Durante o Verão, a bomba de calor retira o calor do interior do edifício e devolve-o ao subsolo, já no Inverno, a bomba de calor transfere o calor do subsolo, ou em águas subterrâneas, para o interior do edifício. Assim, o subsolo age como fonte de calor no Inverno e como depósito de calor no Verão. Estes sistemas são compostos por três componentes: ligação ao solo, bomba de calor e sistema de distribuição.

Por fim, de referir ainda que, os sistemas de aquecimento a biomassa são outra forma de aplicar energias renováveis nas construções. A biomassa pressupõe o aproveitamento da matéria orgânica (resíduos provenientes da limpeza das



Figura 117– Bombas de calor geotérmico – no Verão as bombas retiram o calor do interior do edifício.

www.energiasrenovaveis.com

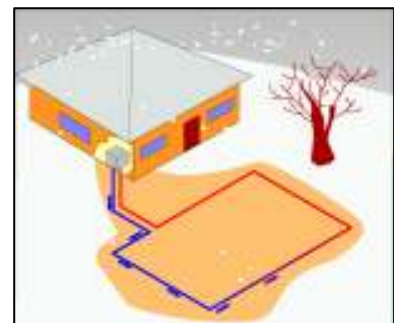


Figura 118– Bombas de calor geotérmico – no Inverno aproveitam o calor do interior da Terra.

www.energiasrenovaveis.com

florestas, da agricultura e outros), este tipo de matéria pode ser utilizada, por exemplo, em sistemas de aquecimento, representando importantes vantagens económicas e ambientais. A Agência Regional de Energia do Vale do Douro Norte (AREVDN) desenvolveu um projecto para o aquecimento de escolas primárias no concelho de Vila Real com Biomassa Florestal (figura 119).

Situada numa zona particularmente fria Vila Real necessitou de reavaliar as instalações de aquecimento das escolas do 1º Ciclo de maneira a torná-las mais confortáveis e agradáveis. O combustível escolhido para promover esse aquecimento foi Briquetes (figura 120).

Este projecto teve uma nova concepção, com novas ideias e com a específica adaptação ao mercado em relação aos equipamentos usados. As mentalidades foram modificadas relativamente à utilização da Biomassa Florestal (a substituição da tradicional lenha por "briquetes") nos sistemas de aquecimento, substituindo outros combustíveis, como a electricidade e o gás, ajudando assim a economizar energia e a preservar o meio ambiente.

Como analisamos nestes últimos exemplos, existem várias possibilidades de aplicar e integrar diferentes energias renováveis na construção, quer para aquecimento/arrefecimento, quer para produção de electricidade.

De seguida, e como já foi referido anteriormente, vamos então analisar especificamente dois exemplos de arquitectura em que foram aplicadas e integradas com sucesso energias renováveis, são eles o projecto BedZed, em Inglaterra e o edifício Solar XXI em Lisboa.

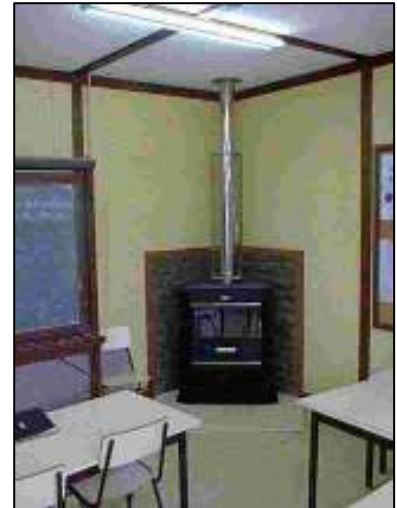


Figura 119– Salamandra instalada no interior de uma sala de aula de uma escola em Vila Real. O aquecimento é feito com biomassa.
www.amvdn.pt

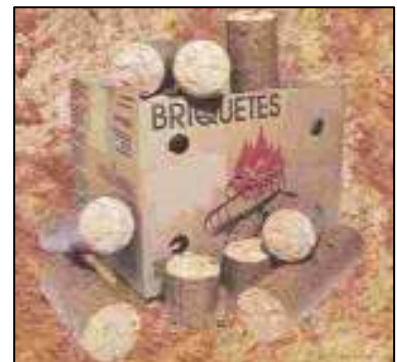


Figura 120– Biomassa – briquetes para substituição de energias convencionais no aquecimento das construções.
www.amvdn.pt

I.1.1. BED ZED – INGLATERRA

A arquitectura neste novo milénio vai ter um desempenho vital na criação de melhores condições de vida. Através de estratégias que utilizam a energia solar e outras formas de energia renovável, o desenho de novos edifícios passa a ter um desempenho que lhes permite ter autosuficiência energética. Um exemplo concreto deste tipo de situação é o empreendimento BedZed – Beddington Zero Energy Development (figura 121), localizado em Sutton, encontra-se a 20 minutos de distância (de comboio) de Londres, no Reino Unido. Este projecto, do arquitecto Bill Dunster foi galardoado com o prémio de melhor comunidade sustentável no ano de 2000 pelo RIBA (Royal Institute of British Architects). O empreendimento integra aproximadamente 270 habitantes, está inserido numa área de 1,4 hectares, e é composto por 82 habitações e vários equipamentos de apoio (centro de saúde, infantário, lojas, escritórios e um campo de jogos).

Figura 121– Empreendimento BedZed, do Arq.º Bill Dunster. Inglaterra, 2002.

<http://www.bedzedhouse.co.uk/>



Pode-se admitir que este projecto urbano integra na sua totalidade o conceito de sustentabilidade, pois além de minimizar a produção de resíduos e potenciar a reciclagem

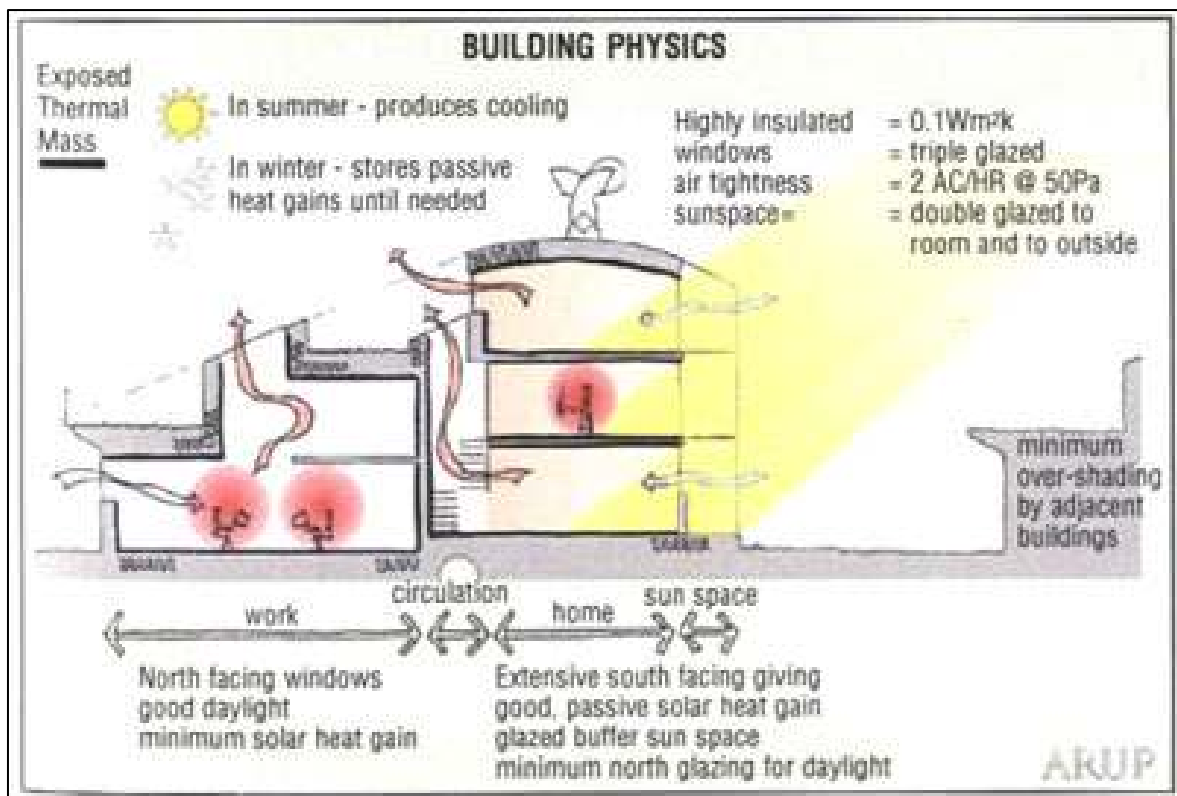
destes, proporciona uma redução significativa dos custos dos consumos de energia e da água.

O BedZed atinge taxas de redução de 88% no aquecimento, 57% na utilização de água quente e 25% no consumo de electricidade, em relação à habitação média britânica. A sua construção foi realizada utilizando material existente num raio de 50 km, diminuindo substancialmente a emissão de gases de efeito de estufa durante essa fase.

Aqui os tradicionais materiais de construção deram lugar a outros, naturais, recicláveis e reutilizáveis. Toda a energia será renovável e apostou-se na bioclimatização dos edifícios, privilegiando soluções passivas em detrimento de equipamentos sofisticados (figura 122).

Figura 122– Esquema da aplicação dos princípios bioclimáticos no edifício.

<http://www.arup.com>

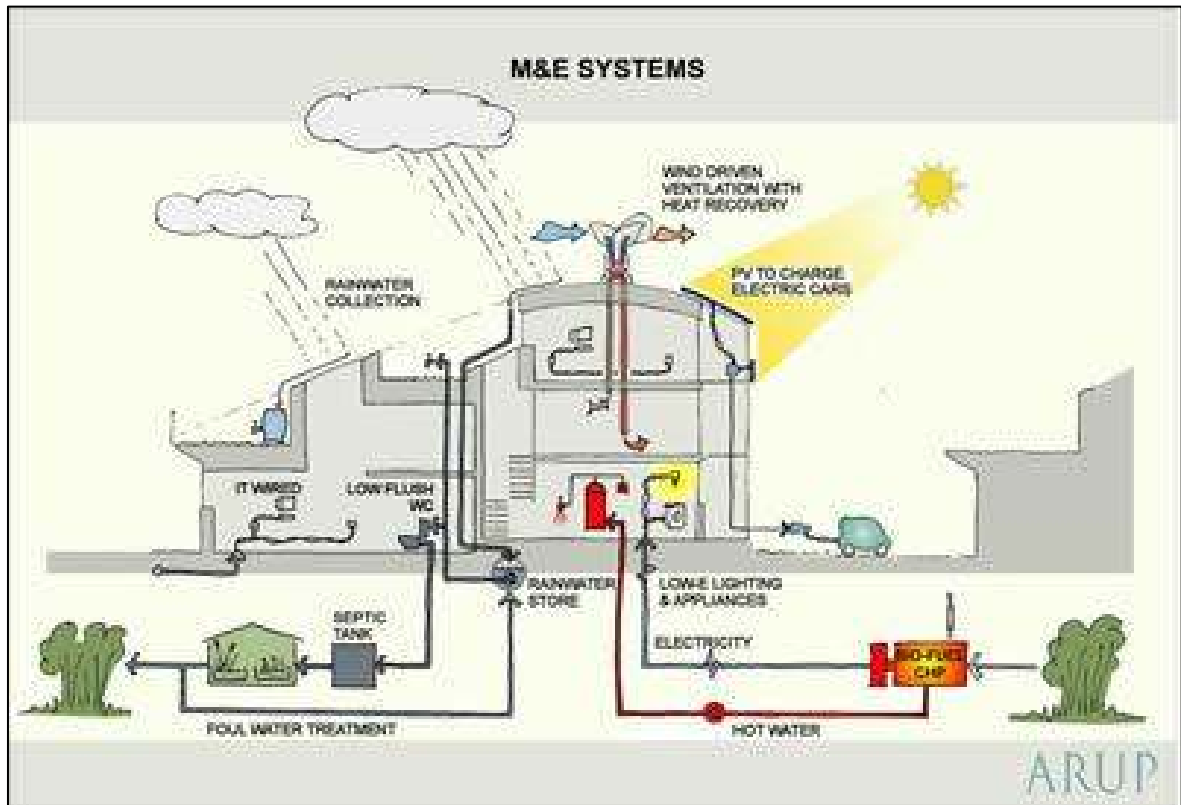


Na construção dos edifícios articulam-se técnicas de isolamento térmico, paredes com cerca de 50 cm de espessura com materiais isolantes no interior, ventilação natural, tectos “verdes”, recolha das águas pluviais para

reabastecer as habitações, reciclagem das águas usadas através de jardins filtrantes que, graças aos sistemas depuradores, são recuperadas e reutilizadas na rega dos espaços verdes. A orientação dos edifícios, as estufas e a implantação de um sistema geotérmico com bombas de recuperação térmica e a organização dos espaços arbóreos envolventes, reforçam o sistema bioclimático (figura 123).

Figura 123– Esquema da aplicação dos princípios bioclimáticos no edifício.

<http://www.arup.com>



Em BedZed existirá uma pequena central energética que utiliza painéis fotovoltaicos para a produção de energia eléctrica, (como se pode ver na figura 123 e também na figura 124 da página seguinte), acumuladores “termosolares” para a água quente, uma caldeira térmica que funciona a lenha, resultante da limpeza da floresta.

Os carros utilizados neste “ecobairro” também serão diferentes, são eléctricos e consomem a energia produzida em BedZed.



Figura 124– BedZed – Cobertura com painéis fotovoltaicos.

<http://www.bedzedhouse.co.uk/>

O bairro começou a ser habitado desde 2002, seguindo uma filosofia de composição heterogénea dos seus residentes, pois cerca de 1/3 dos habitantes pertencem às classes mais desfavorecidas, 1/3 pertencem à classe média e o outro terço à classe alta, entre os quais se encontram alguns dos que projectaram e financiaram o BedZed. Os resultados têm sido muito bons, com as populações mais desfavorecidas a assimilarem em pleno a vida social e a filosofia ecológica do bairro

- Foram instalados 777 m² de painéis solares e uma central de cogeração para fornecimento de calor e de electricidade, tornando BedZed energeticamente independente do exterior (figura 124).
- As habitações estão orientadas a Sul e possuem isolamento térmico de elevada eficiência.
- A maior parte da água das chuvas é recolhida e reutilizada no local.
- Os materiais foram seleccionados de forma a estarem disponíveis num raio de 50 km do local de construção, minimizando desta forma o impacto com o seu transporte.

- Os locais de estacionamento são limitados, mas os residentes partilham os automóveis.
- A energia utilizada diariamente por cada habitante (3 kWh) é cerca de 25% inferior à média britânica e 11% dessa energia é mesmo produzida nos painéis fotovoltaicos instalados.

Figura 125– Exterior das habitações com jardim.
<http://www.bedzedhouse.co.uk/>



Nas figuras 125 e 126 podemos ver os jardins das habitações, o que para além de significar uma medida passiva na área da arquitectura bioclimática, significa também qualidade de vida para os habitantes de BedZed.

Este é um exemplo de como a eficiência energética não se cinge a trocarmos as lâmpadas em casa para umas de baixo consumo, a eficiência energética nos edifícios está relacionada com uma série de outros consumos adicionais muitas vezes relacionadas com o próprio projecto da casa. Por exemplo, casas que tenham boa exposição solar no Inverno e possibilidade de sombreamento das fachadas a sul no Verão reduzirá os consumos de aquecimento/arrefecimento das casas. Ou, por outro lado, utilizando energia solar (térmica ou fotovoltaica) ou eólica para microgeração conseguimos cobrir em parte o nosso consumo e ainda vender o restante à rede. É claro que isto só é possível com investimentos monetários grandes que têm períodos de retorno que muitas vezes chegam aos 10 anos.

Figura 126– Exterior de um jardim de uma habitação.
<http://www.bedzedhouse.co.uk/>

I.1.2. SOLAR XXI

Este projecto visa a construção de um edifício de demonstração tecnológica na área da eficiência energética e das energias renováveis, e em particular na utilização de sistemas solares passivos e activos, bem como o solar fotovoltaico.

O edifício Solar XXI (figura 127), de um modo genérico, seguiu as seguintes linhas orientadoras:

- Optimização térmica de forma a reduzir as necessidades energéticas para aquecimento, arrefecimento e iluminação;
- Integração na fachada de painéis fotovoltaicos para produção de energia eléctrica;
- Integração de colectores solares térmicos para aquecimento da água do edifício;
- Inclusão de um sistema de arrefecimento de ar pelo solo, para a ventilação no Verão.



Figura 127– Vista do Edifício Solar XXI do INETI – Fachada a Sul (com aplicação de painéis fotovoltaicos) e fachadas Nascente e Norte.

<http://www.ineti.pt>



Como podemos ver na figura 128, o edifício possui um sistema fotovoltaico integrado na fachada Sul do edifício, e painéis fotovoltaicos integrados nas coberturas do parque de estacionamento, como se pode ver na figura 129 da página seguinte. Este sistema que é composto por um conjunto de 76 painéis fotovoltaicos de silício multicristalino (96 m² de área).

Este sistema nas condições do clima de Lisboa, pode produzir cerca de 12 MWh de energia eléctrica por ano (60-70%) da energia consumida pelo edifício.

O edifício tem ainda instalado colectores térmicos para aquecimento de água, como se pode ver na figura 129 da página seguinte. Este projecto é também ele inovador, pois os painéis fotovoltaicos são usados para produzir electricidade mas também é aproveitado o calor que este produz para aquecimento do interior do edifício como veremos de seguida.

Figura 128– Vista do Edifício Solar XXI do INETI – aplicação de colectores solares e painéis fotovoltaicos.

<http://www.ineti.pt>



Figura 129– Edifício Solar XXI do INETI – Colectores Térmicos instalados na cobertura para aquecimento; painéis fotovoltaicos no parque de estacionamento para produção de electricidade.

<http://www.ineti.pt>



Figura 130– Vista do Edifício Solar XXI do INETI – Fachada a Sul (instalação do sistema fotovoltaico); pormenor das aberturas criadas na fachada para aproveitamento do calor criado nos painéis fotovoltaicos.

<http://www.ineti.pt>

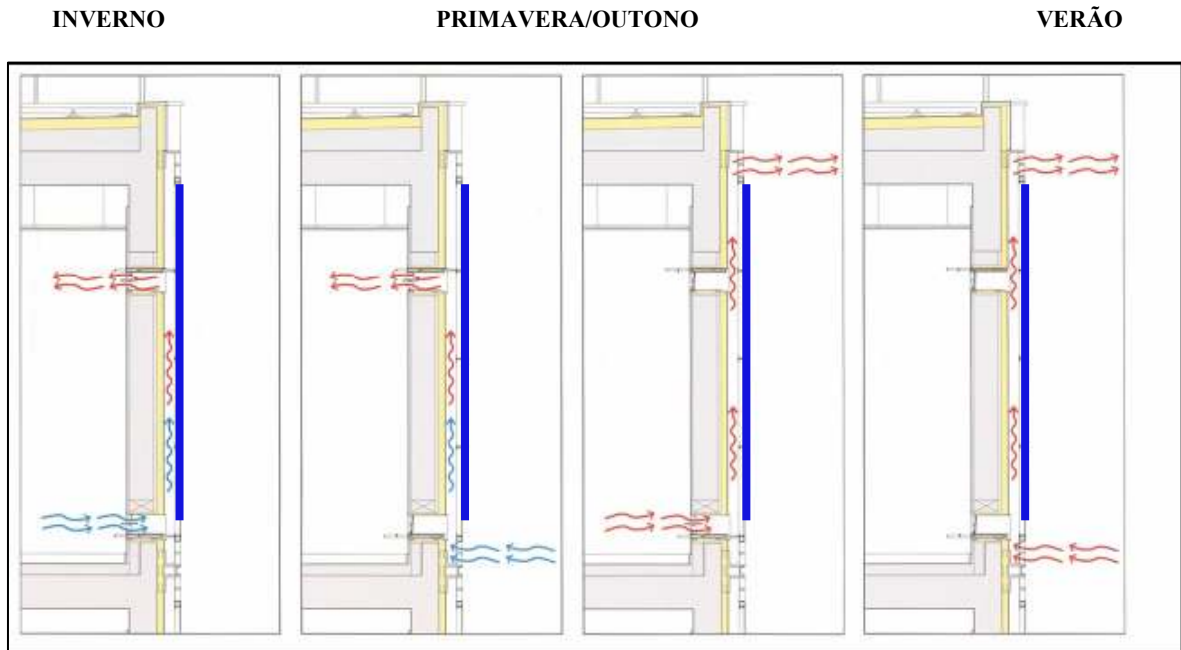


Figura 131– Edifício Solar XXI do INETI – Aproveitamento Térmico do sistema fotovoltaico; pormenor das aberturas criadas na fachada para aproveitamento do calor criado nos painéis fotovoltaicos ao longo das diferentes estações do ano.

<http://www.ineti.pt>

Como se pode ver na figura 130, da página anterior, a instalação dos painéis fotovoltaicos na fachada, acontece sobre uma métrica (módulos) projectada pelo Arquitecto Pedro Cabrito, autor do projecto. Em cada módulo são instalados quatro painéis fotovoltaicos, nesse mesmo módulo são feitas duas aberturas, uma em cima e outra em baixo. Estas aberturas são manuseadas manualmente e visam criar um sistema de aproveitamento do calor provocado pelos painéis, como se pode ver na figura 131. Ou seja, os painéis instalados na fachada acumulam calor, e estas aberturas permitem a sua entrada no Inverno (para aquecimento) e uma vez fechadas obstruem a passagem desse mesmo calor no Verão.

A figura 131 mostra-nos exactamente o funcionamento deste sistema, o ar frio que sai empurra o ar quente que por sua vez entra (Inverno), já no Outono ou Primavera, basta fechar a entrada de baixo para obstruir a entrada do ar frio

que vai circular entre a fachada e o painel e que portanto vai empurrar o ar quente para a entrada de cima que estará aberta para a recepção do calor (isto se queremos aquecimento), se o objectivo é arrefecer, então fazemos o processo inverso.

Por último, no Verão, em que não há necessidade aquecimento, basta fechar as duas aberturas.

Na figura 132, podemos ver as duas entradas na fachada que são manuseadas manualmente e permitem ou não a entrada de ar frio ou quente.

Este é um sistema semelhante à “Parede de Trombe”, que é uma medida passiva do aproveitamento da energia solar, ou mais frequentemente apelidada de medida bioclimática, este sistema revela-se efectivamente bastante eficiente e acima de tudo permite poupar na factura energética de um edifício no que respeita a aquecimento, e provem, claro, de uma energia renovável, a energia solar.



Figura 132– Edifício Solar XXI do INETI – Aproveitamento Térmico do sistema fotovoltaico; Aquecimento por convecção natural, o ar interior da sala aquece ao circular entre a parede e o painel (em contacto com a superfície interior dos painéis fotovoltaicos) reentrando aquecido na sala. <http://www.ineti.pt>



Figura 133– Edifício Solar XXI do INETI – Arrefecimento Passivo pelo Solo; Corte esquemático do funcionamento do sistema de arrefecimento.

<http://www.ineti.pt>

O edifício Solar XXI, é de facto um exemplo no que respeita à aplicação e integração das energias renováveis e à utilização de medidas passivas num edifício para que este seja energeticamente mais eficiente e portanto menos poluidor.

Na figura 133 podemos ver um corte esquemático do funcionamento do arrefecimento passivo pelo solo. Este sistema permite a entrada de ar frio dentro no edifício para arrefecer os espaços, esse mesmo ar frio empurra o ar quente que é expulso pelas aberturas das fachadas, como vimos anteriormente. Existe então um fosso de admissão de ar que, através de uma conduta instalada no solo, guia o ar frio até aos espaços pretendidos.

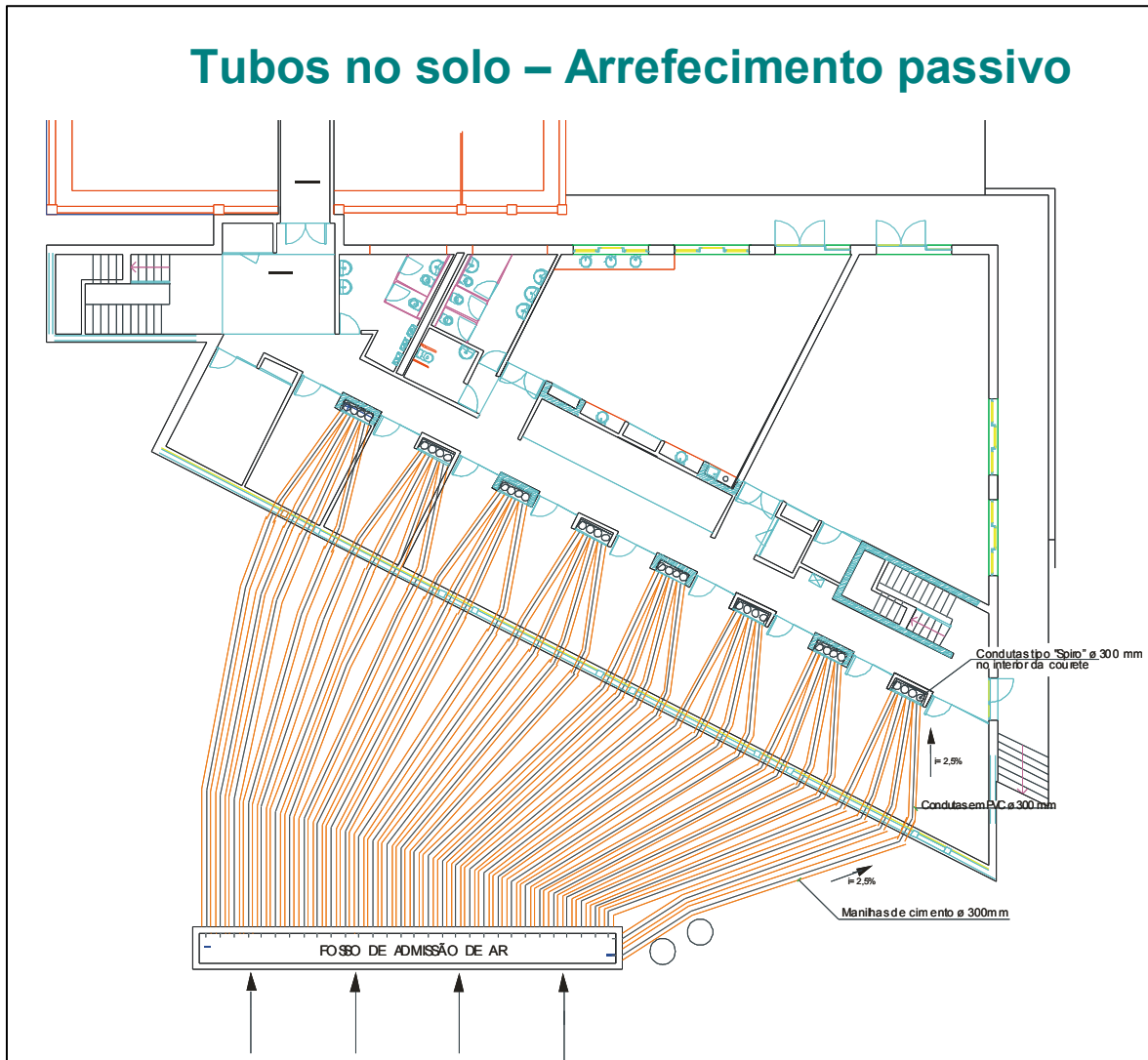


Figura 134– Edifício Solar XXI do INETI – Arrefecimento Passivo pelo Solo; Planta esquemática do funcionamento do sistema de arrefecimento.

<http://www.ineti.pt>

A figura 134, mostra em planta o referido fosso de admissão de ar, as condutas instaladas no solo e as condutas verticais que distribuem pelos vários pisos e vários espaços para facilitar e promover a ventilação natural.

Na página seguinte, temos a figura 135 que nos mostra, ainda em fase de obra, as tubagens no interior do edifício e a distribuição vertical para os gabinetes. É ainda visível, o interior de uma sala com o circuito de ventilação que pode ser aberto ou fechado mediante as necessidades.



Figura 135– Edifício Solar XXI do INETI – Arrefecimento Passivo pelo Solo – Sistema de ventilação, o sistema pode estar aberto ou fechado mediante as necessidades.

<http://www.ineti.pt>

CAPÍTULO IV.

I.1. XABREGAS – LISBOA (APRESENTAÇÃO DO LOCAL)



Figura 136– Mapa da Península Ibérica e Mapa de Portugal.
www.googleearth.com

Com base no programa curricular do 5º ano (ano lectivo 2006/2007) – recuperação e revitalização dos Vazios Urbanos existentes em Lisboa, consideramos fazer um estudo da zona de Xabregas (Lisboa/ Portugal - figura 136) Os nomes que se espalham pelo grande número das placas toponímicas que identificam as ruas e os lugares da zona Oriental de Lisboa trazem imediatamente à memória a riqueza da sua história. Desde sempre excêntrico e distante do resto da cidade, este grande palco urbano oferece-nos um quadro de múltiplas cores, que identificam, para lá das imagens peculiares do Porto de Lisboa, com as suas estruturas e equipamentos, um vasto conjunto de peças de uma história feita de vários tempos, inscrita num puzzle de cenários diferenciados que marcam o rosto envelhecido da sua actual realidade.

O fim do ciclo industrial marcou profundamente o espaço Oriental da cidade de Lisboa (Xabregas), trazendo consigo, a par do progressivo despovoamento, o consequente abandono e envelhecimento de grande parte do edificado local. O encerramento das antigas unidades fabris e a mais

recente deslocação dos grandes complexos industriais, associados ao fornecimento do gás e aos antigos depósitos de combustível, veio recolocar a questão dos usos urbanos desta zona da cidade e, conseqüentemente, da necessidade de um novo olhar sobre todo este Oriente de Lisboa.

Pretende-se que a nossa estratégia global, articulada com o vasto conjunto das intervenções previstas na sua envolvente, consiga manter o equilíbrio necessário entre a vontade natural de progresso e o respeito pela relevante memória histórica, inscrita e consolidada no vasto património construído de toda aquela zona de Lisboa. Este conjunto de intervenções previstas servirá de base para a nossa actuação e permitirão intervir de forma integrada e sustentada.

A área do plano estratégico desenvolvido assume uma extensão com cerca de 4 Km de frente ribeirinha, compreendida entre Santa Apolónia (Cais da Pedra) e a praça 25 de Abril (Cais do Poço do Bispo), abrangendo as freguesias de Santo Estêvão, Santa Engrácia, São João, Beato e Marvila.

Neste sentido, pretendemos criar um circuito pedonal ao longo da marginal, seguindo uma ideia de percurso, com algumas incursões em pontos estratégicos que permitam estabelecer a relação do rio com a cidade e vice-versa, como se pode ver na figura 137 da página seguinte.

Este percurso teria a intenção de proporcionar diferentes vivências e atmosferas, quer em relação ao rio, no sentido de possibilitar ao utilizador uma perspectiva sobre o Estuário do Tejo e sobre o Porto de Lisboa, e simultaneamente permitir em determinados pontos uma maior vivência da cidade.

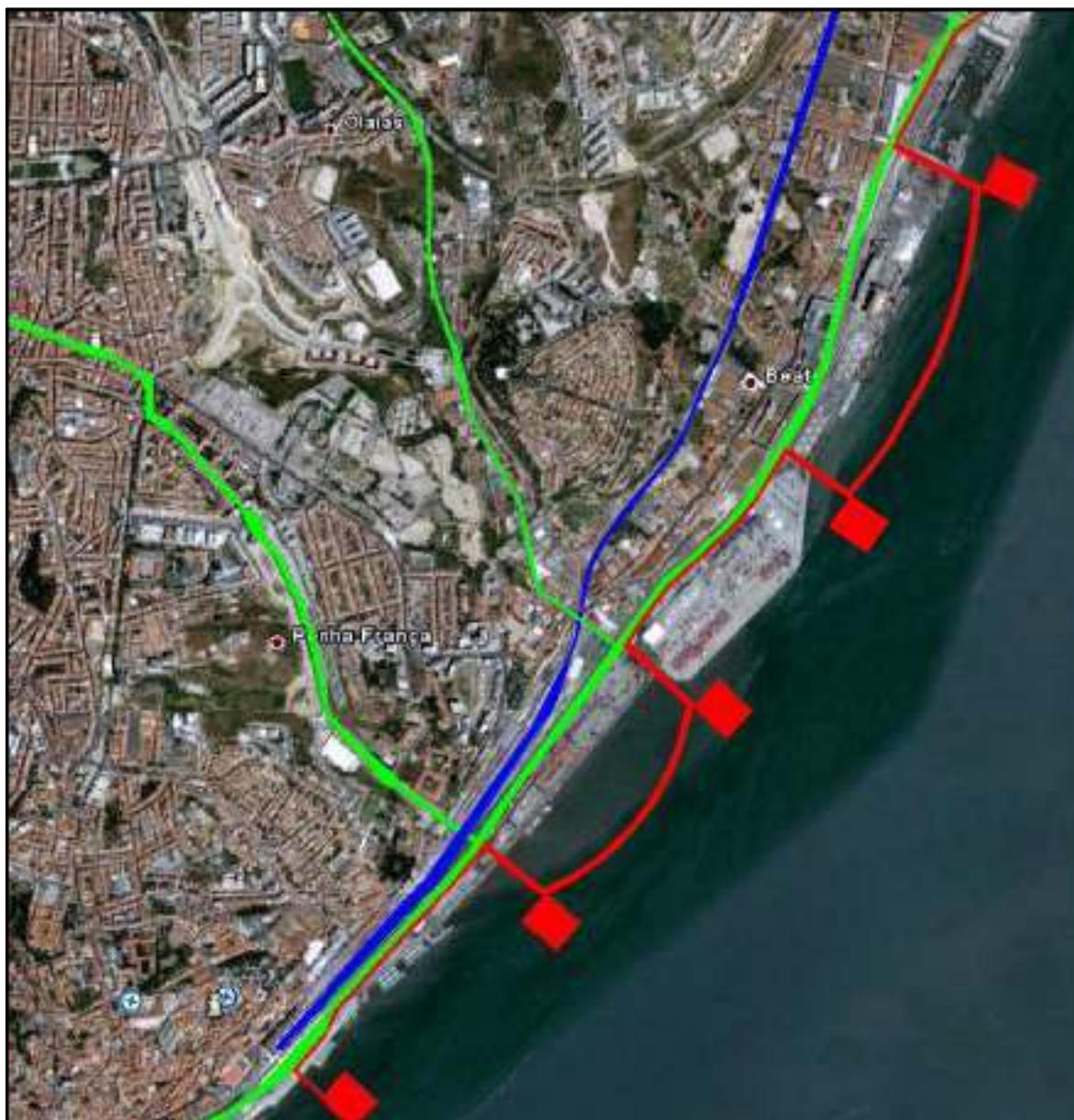


Figura 137– Fotomontagem com a representação do percurso pedonal a vermelho, a linha ferroviária a azul e a verde os principais eixos viários, em Dossier Final da cadeira de projecto, por Sofia Neves.

Este circuito pedonal, ora em contacto com a cidade, ora em contacto com o rio, não colocaria em causa o funcionamento do Porto (pontos de atracagem dos navios), nem alteraria o traçado viário mais significativo, mas permitiria revitalizar e requalificar o espaço urbano nos pontos de incursão, já referidos, nomeadamente, na zona se Santa Apolónia a Santos o Novo, na zona de Xabregas e na

zona da Doca do poço do Bispo, como se pode ver na figura 138.

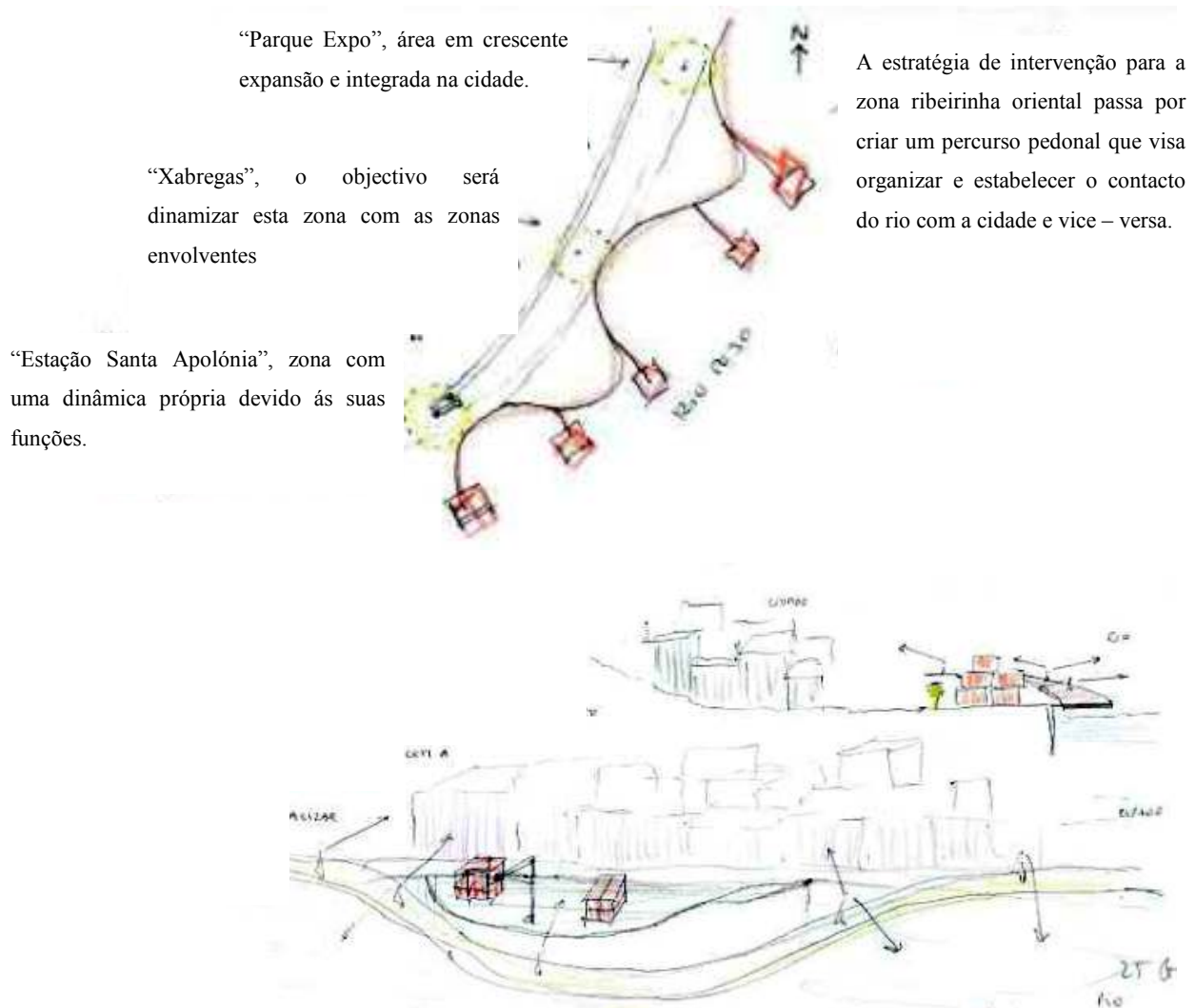


Figura 138– Esquissos com a representação do percurso pedonal, em Dossier Final da cadeira de projecto, por Sofia Neves.

Por outro lado, teríamos a intenção de revitalizar e requalificar o edificado, atribuindo novos usos e funções, até porque a recuperação do edificado é por si só uma atitude sustentável.

Assim, foram recuperados os armazéns mencionados a azul na figura 139 da página seguinte, aplicando os princípios e fundamentos abordados ao longo do trabalho (energia solar).



Figura 139– Planta de Implantação em Xabregas – Armazéns a Recuperar (a azul) e implantação dos módulos auto-suficientes com orientação dos módulos a Sul (estratégia para uma correcta orientação e captação da energia solar).

Por Sofia Neves

A área de intervenção, em Xabregas, é essencialmente caracterizada, e como já foi dito, pela presença da indústria, contudo o encerramento das antigas unidades fabris e a mais recente deslocação dos grandes complexos industriais, bem como o progressivo despovoamento, ditou o abandono e envelhecimento de grande parte do edificado local.

Esta situação, não só contribuiu para a degradação do edificado como originou o aparecimento de vazios urbanos, fruto desse abandono e degradação.

É neste contexto que surge a necessidade de colmatar estes vazios urbanos (como se pode ver na figura 139).

Para isso, foram implantados ao longo dessa área, vários módulos que se pretendia que fossem auto suficientes e energeticamente eficientes, isto é, como vimos ao longo do trabalho, um edificio pode ter melhores rendimentos energéticos se forem cumpridas algumas premissas de construção, como o isolamento por exemplo, ou mesmo de implantação e orientação para melhor captar e acumular o calor proveniente do Sol. Daí que neste projecto tenham sido aplicadas estas e outras medidas para fazer deste projecto um projecto sustentável, executável e eficiente.



Figura 141– Fotomontagem da implantação dos módulos no terreno de Xabregas. Por Sofia Neves



Figura 140– Foto da Rua da Manutenção e do vazio adjacente. Por Sofia Neves.

A zona em estudo revela a existência de alguns vazios urbanos (figura 140) para os quais é necessária uma intervenção urgente, que contribua para o desenvolvimento e enquadramento urbano desta parcela de cidade. Neste sentido, proponho para um desses vazios a implantação de módulos auto suficientes e polivalentes que vão permitir criar uma maior vivência e dinâmica nesta área, que até então se vinha a perder (figura 141).

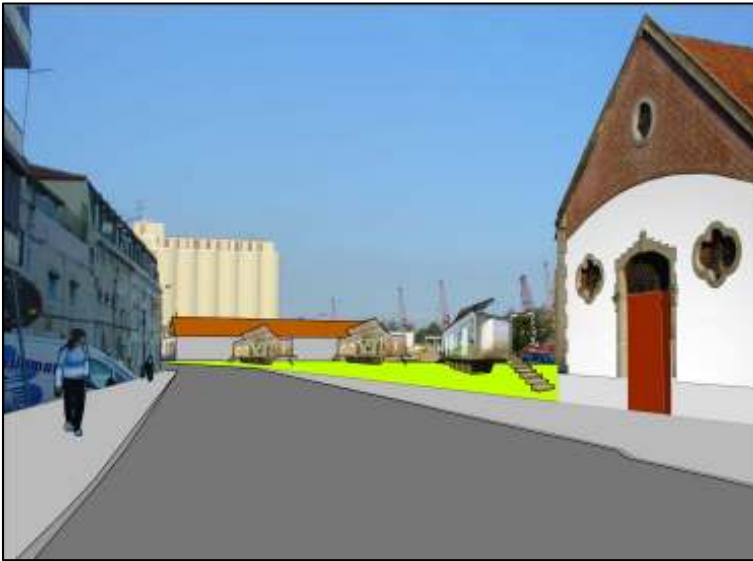


Figura 143– Fotomontagem da implantação dos módulos no terreno de Xabregas e a fachada de um dos armazéns a recuperar. Por Sofia Neves



Figura 142– Foto da Rua da Manutenção, Armazém a recuperar e o vazio adjacente. Por Sofia Neves.

Sendo este local fortemente marcado pela indústria que outrora encontrava nesta zona um espaço potencial para as suas actividades (pela proximidade com o porto), é natural que a presença de armazéns seja uma constante na Rua da Manutenção (figura 142). Os Armazéns nº 82 e nº 84 da Rua da Manutenção (dois destes exemplos) encontravam-se em mau estado de conservação. Assim, proponho a recuperação dos mesmos e a adequabilidade de funções para “chamar” o público a esta parte da cidade (figura 143). A proposta é de criar um espaço de cultura e lazer (café/ livraria) que em comunhão com os armazéns nº 86 e nº 88 (já recuperados_ Galeria de Arte) possam efectivamente cativar as pessoas a viver esta zona de Lisboa.

I.1.1. PROJECTO DE RECUPERAÇÃO

O desafio da recuperação destes dois armazéns da Rua da Manutenção incidia essencialmente no facto de existir uma malha urbana consolidada com uma envolvente muito

característica e peculiar, devido à proximidade com o Porto de Lisboa. Por outro lado, e como foi referido, o local caracterizava-se também pelo estado devoluto de vários armazéns ou unidades fabris que marcaram ao longo dos tempos esta zona da cidade. Daí que, a integração desta área com a cidade e os diferentes pontos atractivos, como o parque expo ou a estação de Santa Apolónia, passaria pela revitalização e recuperação dos edificios e dos espaços públicos de Xabregas, como se pode ver na figura 144 a revitalização dos espaços públicos com a implantação de módulos auto suficientes e a plantação de árvores (de folha caduca) como medida passiva para tirar o melhor partido da energia solar, no Verão as árvores criavam sombreamento e no Inverno sem as folhas permitiriam a passagem de radiação solar para aquecer os módulos. .

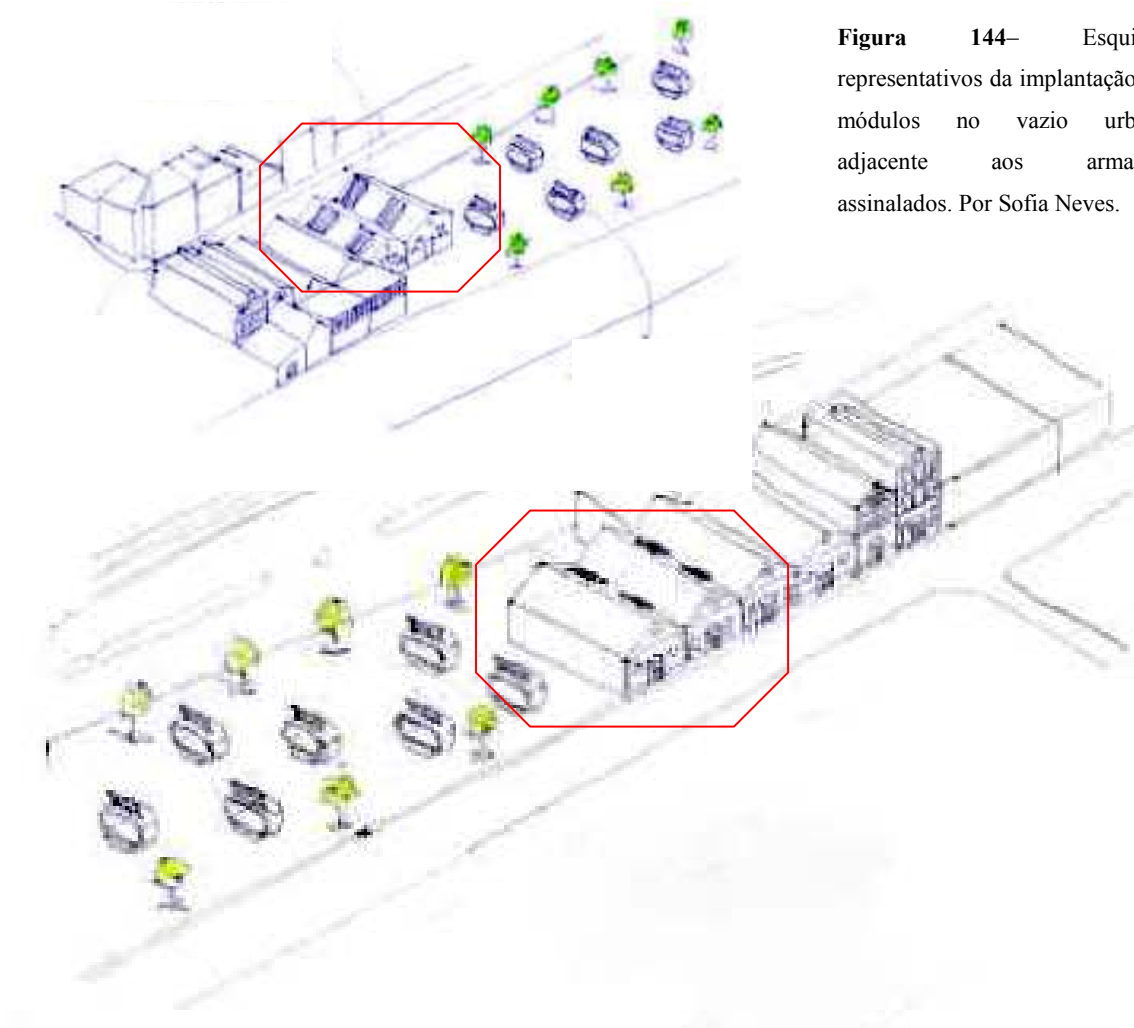


Figura 144– Esquissos representativos da implantação dos módulos no vazio urbano, adjacente aos armazéns assinalados. Por Sofia Neves.

Esta recuperação e revitalização passariam pela intervenção ao nível do edificado bem como dos vazios urbanos existentes (figura 144 da página anterior).

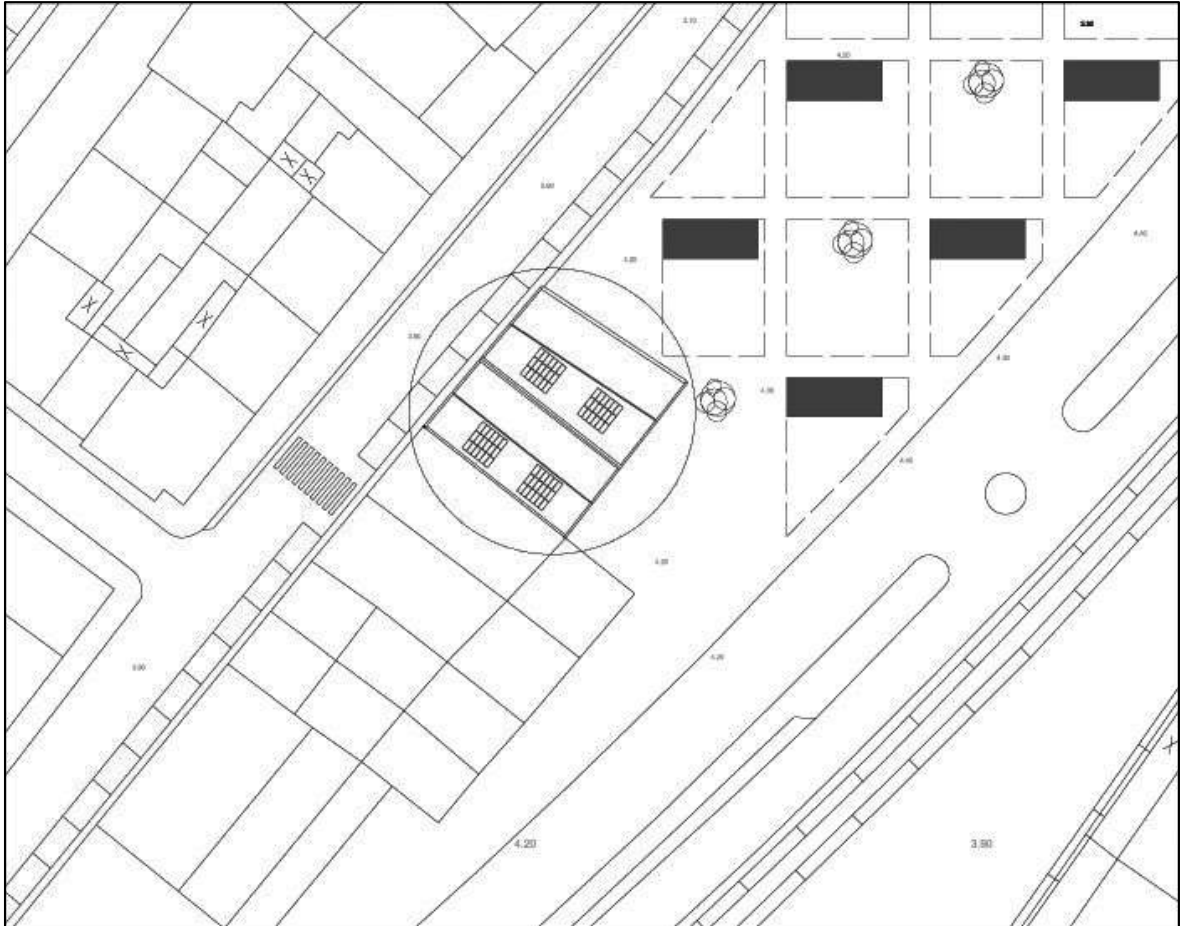


Figura 145– Planta de implantação dos módulos no terreno de Xabregas; cobertura dos armazéns a recuperar, com a integração de painéis solares fotovoltaicos e solares térmicos. Por Sofia Neves

Deste modo, tivemos então a oportunidade de recuperar os armazéns n.ºs 82 e 84 da Rua da Manutenção (figura 145). Após visitas efectuadas aos ditos armazéns podemos efectuar o levantamento dimensional e patológico, e rapidamente nos apercebemos que o seu estado de degradação era evidente e portanto a recuperação era o caminho a seguir. Nesse sentido, a nossa estratégia de projecto, teria em consideração uma metodologia rigorosa de actuação, para ser então executável um projecto de recuperação do edifício e dos seus elementos construtivos.

Essa metodologia e intenção de projecto teria sempre em conta a nossa vontade expressa de manter inalterável a linguagem formal do edifício, isto é, a nossa intenção era de manter o traço original do edifício e recuperar tanto quanto possível todos os elementos.

Após efectuados todos os estudos que nos permitiriam fazer a recuperação do edifício (levantamentos, fichas patológicas, cadernos de encargos especiais, entre outros), concluímos que seria viável adaptar o edifício a outra funcionalidade mantendo os alçados originais (figura 146).

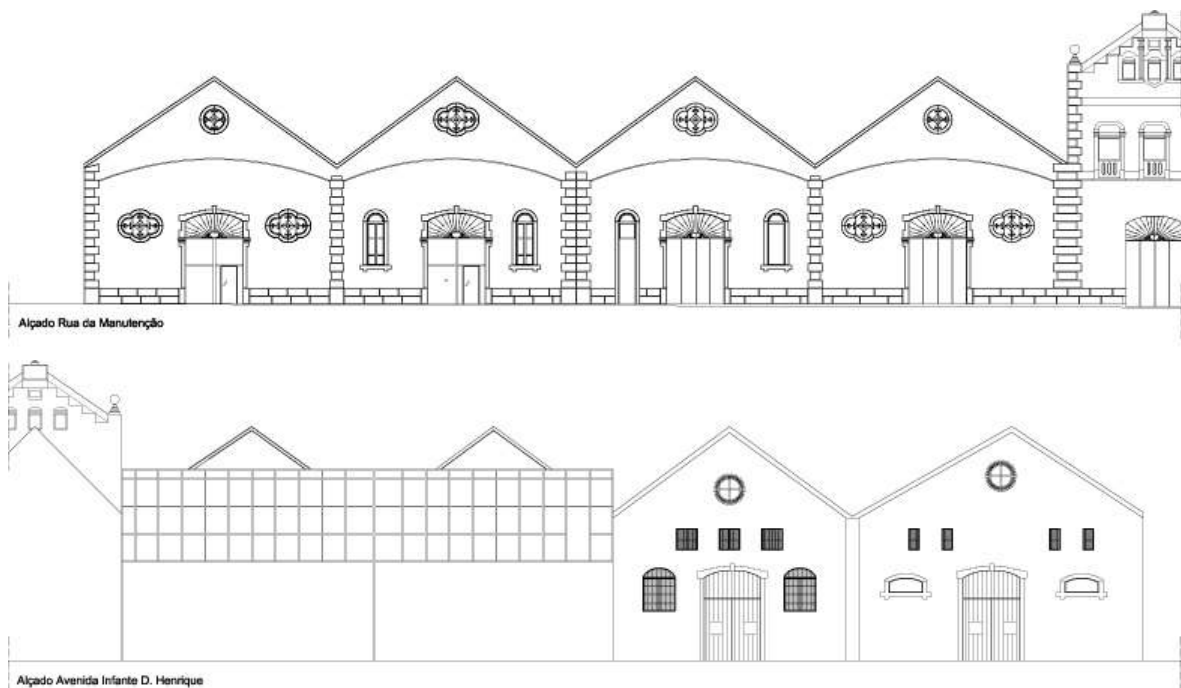


Figura 146– Alçado da Rua da Manutenção e alçado da Avenida Infante D. Henrique. Por Sofia Neves

Portanto, no que diz respeito ao programa proposto, optamos por lhe atribuir uma função ligada ao comércio ou lazer, uma vez que inicialmente essa seria a nossa intenção de estratégia para “ligar” o núcleo de Xabregas ao Parque da Expo e à Estação de Santa Apolónia, como foi anteriormente referido. Os armazéns foram então readaptados em livraria e café (figura 147 e 148 das páginas seguintes) proporcionando a esta zona da cidade um espaço de cultura e entretenimento para todos.

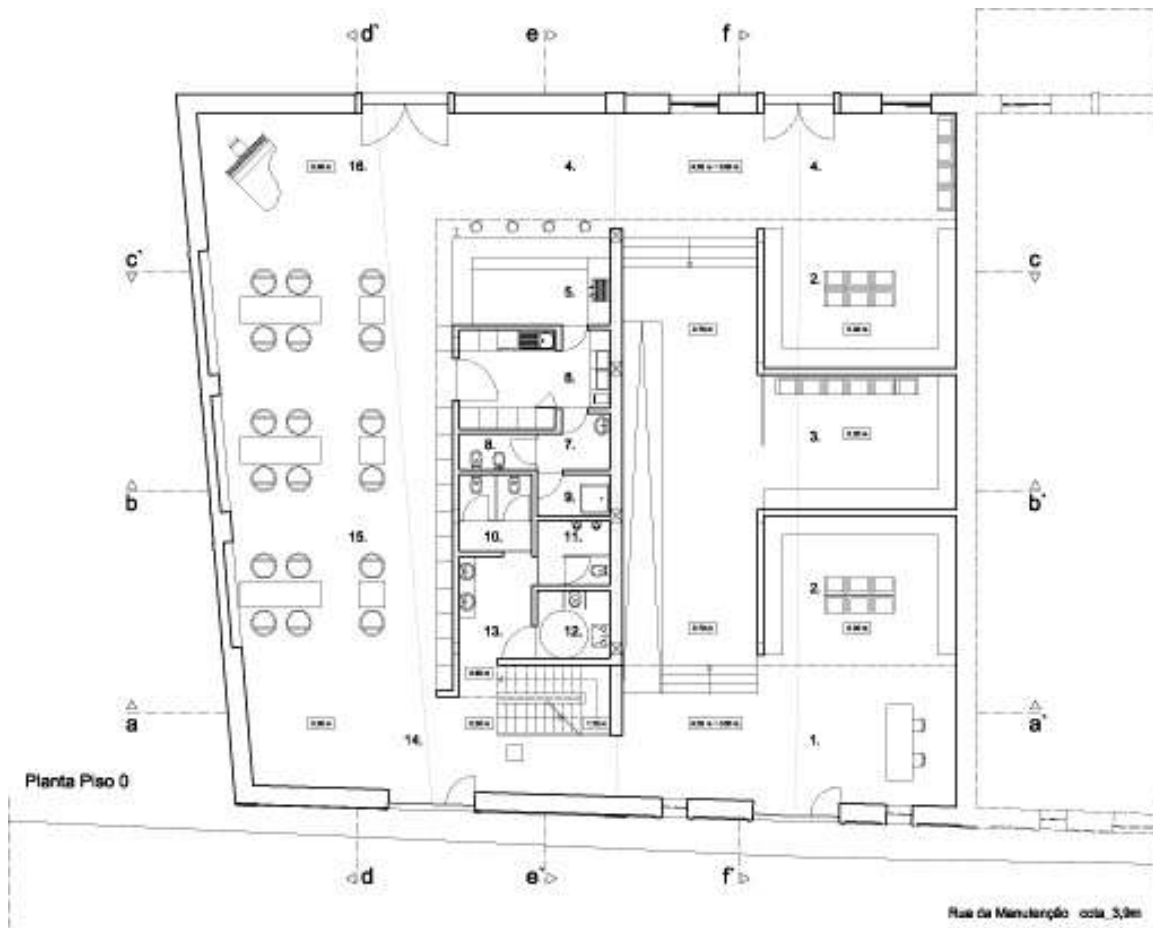


Figura 147– Planta do Piso 0 dos armazéns (programa proposto - Livraria/Cafê). Por Sofia Neves

Legenda:

1. Entrada/ balcão de atendimento da livraria
2. Expositores/ estantes
3. Sala de leitura
4. Zona de estar
5. Bar
6. Copa
7. Cacifos de pessoal
8. Instalação sanitária de serviço
9. Balneários de pessoal
10. Instalação sanitária feminina (pública)
11. Instalação sanitária masculina (pública)
12. Instalação sanitária deficientes
13. Zona de lavatórios
14. Entrada para o bar
15. Zona de mesas do bar
16. Zona do piano

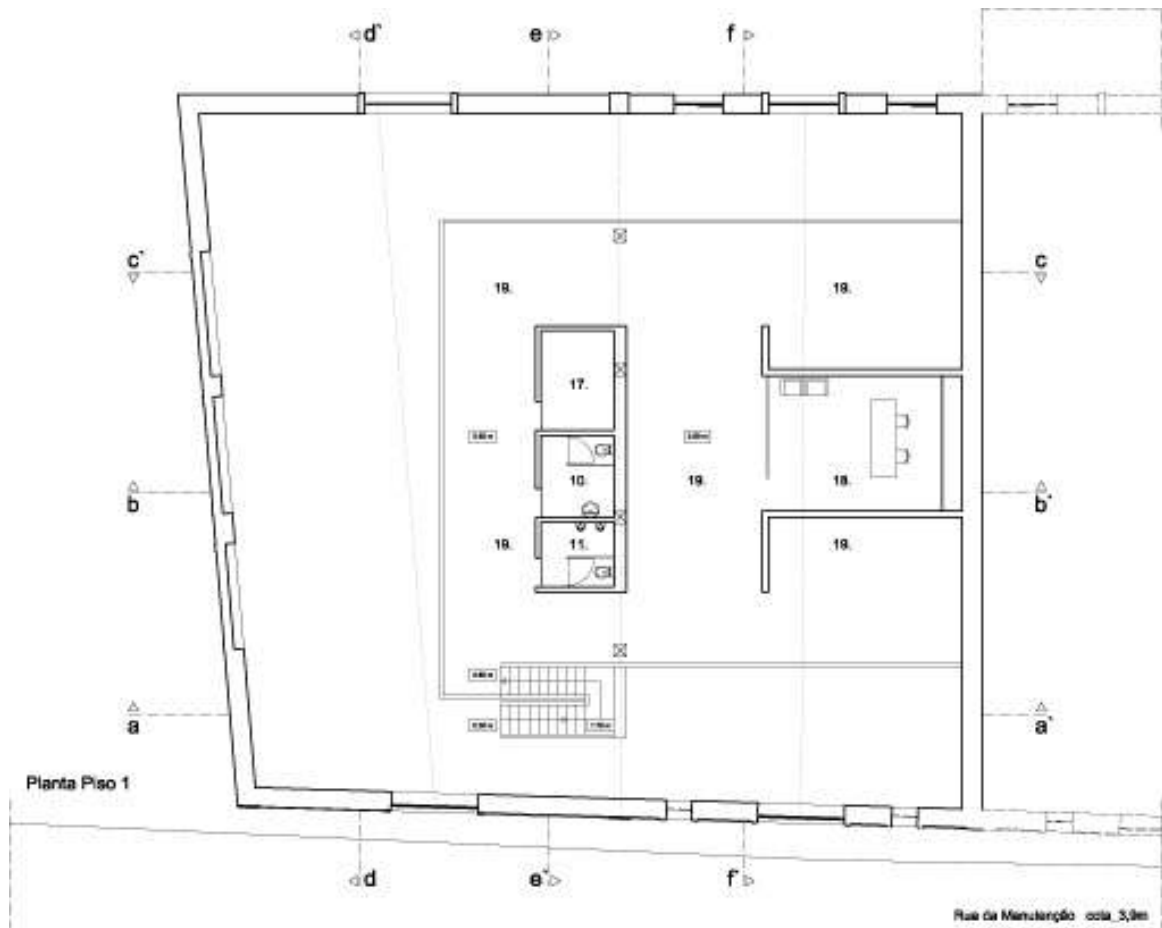


Figura 148– Planta do Piso 1 dos armazéns (programa proposto - Livraria/Café). Por Sofia Neves

Legenda:

- | | |
|--|--|
| 10. Instalação sanitária feminina (pública) | 18. Gabinete Administrativo |
| 11. Instalação sanitária masculina (pública) | 19. Espaço para exposições temporárias |
| 17. Arrumos | |

Na figura 149 da página seguinte vemos ainda alguns esquissos do interior dos armazéns.

O trabalho desenvolvido no projecto de recuperação foi muito mais além do que aquilo aqui representado, contudo, não é objectivo deste trabalho apresenta-lo e estudá-lo detalhadamente, mas apenas interessa entender o tipo de abordagem feita e a metodologia seguida para chegar ao objectivo que se pretende, entender como pode ser a energia solar (activa) aplicada a um edifício já construído. Assim, vejamos como podem ser aplicados e integrados na arquitectura os painéis e colectores solares.

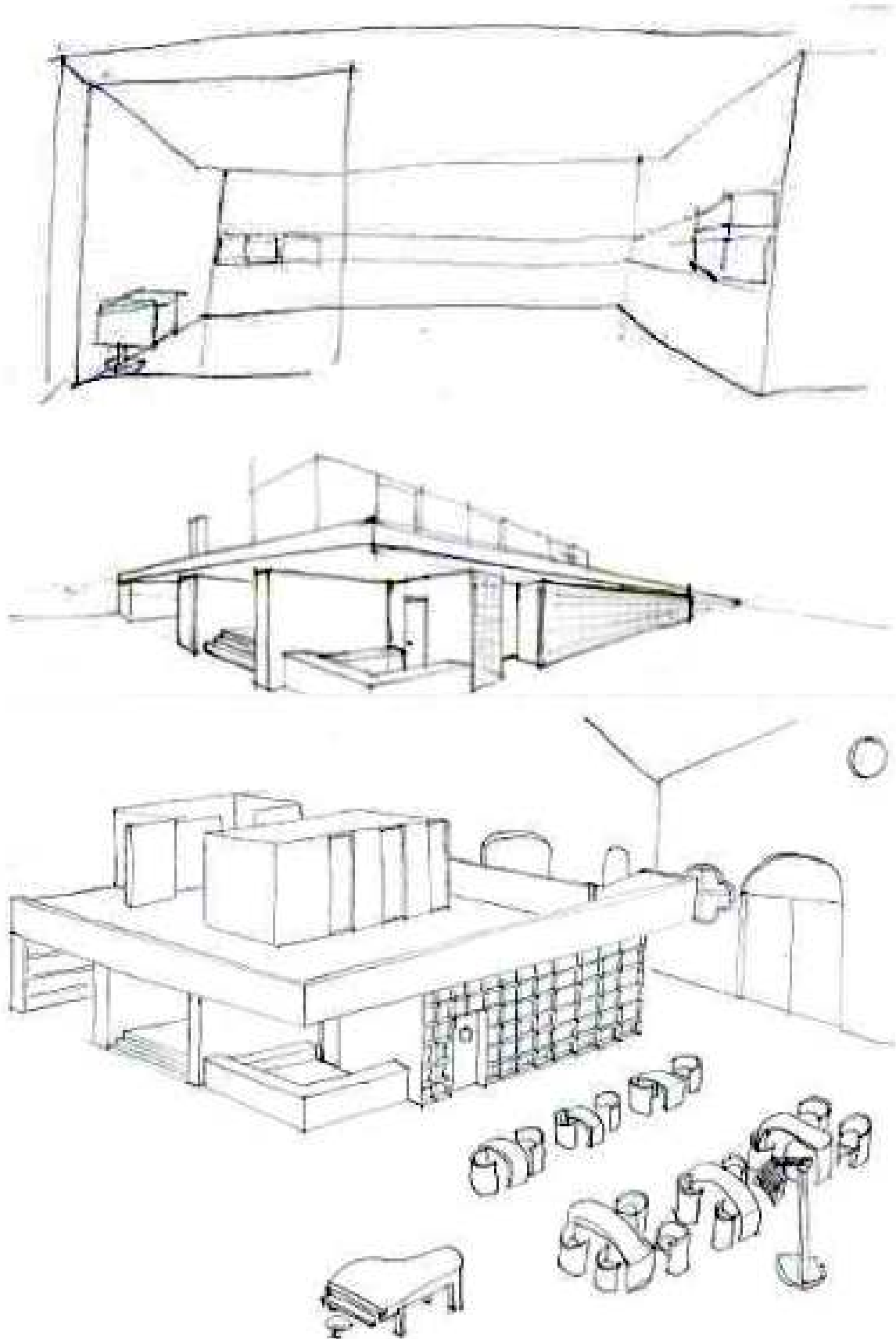


Figura 149– Esquissos do interior dos armazéns n°s 82 e 84 da Rua da Manutenção, para estudo espacial e de mobiliário para a livraria e café. Por Sofia Neves

I.1.2. A ENERGIA SOLAR ACTIVA NO PROJECTO DE RECUPERAÇÃO

No decorrer do presente trabalho analisamos os diferentes modos de aproveitamento da energia solar. Como vimos, a utilização de energia solar para aquecimento de água sanitária é já uma medida obrigatória na construção de edifícios de raiz, contudo, sempre que for tecnicamente possível, devemos optar pela instalação de colectores solares. Assim, no desenvolvimento do projecto de recuperação dos armazéns de Xabregas procedemos à instalação de colectores solares para aquecimento de água.



Figura 150– Esquema de funcionamento do sistema de circulação forçada da Vulcano.

www.vulcano.pt

Todavia, e como já analisamos anteriormente, existem diferentes tipos de painéis e diferentes sistemas:

- Sistemas de circulação forçada (figuras 150 e 151);

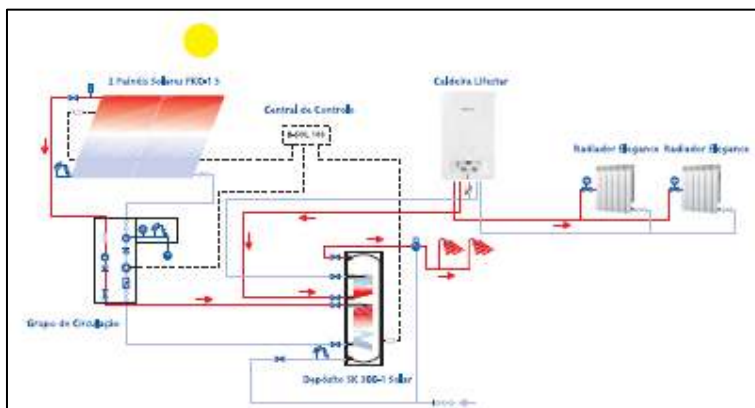


Figura 151– Esquema de funcionamento do sistema de circulação forçada da Vulcano - princípio de funcionamento.

www.vulcano.pt

- Sistemas de termosifão (figuras 152 e 153);

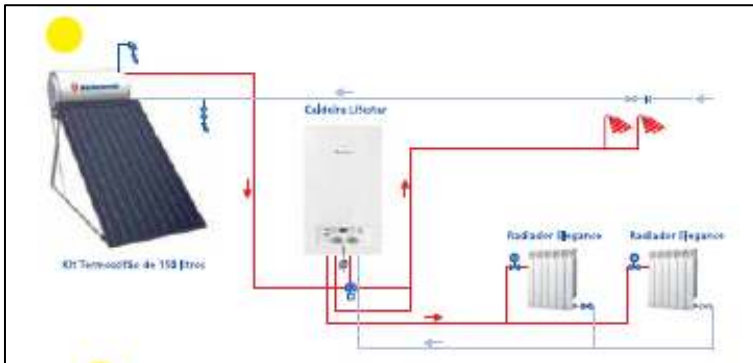


Figura 152– Esquema de funcionamento do sistema de termosifão da Vulcano com caldeira e radiadores para aquecimento central e de água sanitária.

www.vulcano.pt



Figura 153– Esquema de funcionamento do sistema de termosifão da Vulcano com caldeira para aquecimento de água sanitária.

www.vulcano.pt

- Painéis com depósito adjacente (figura 154);

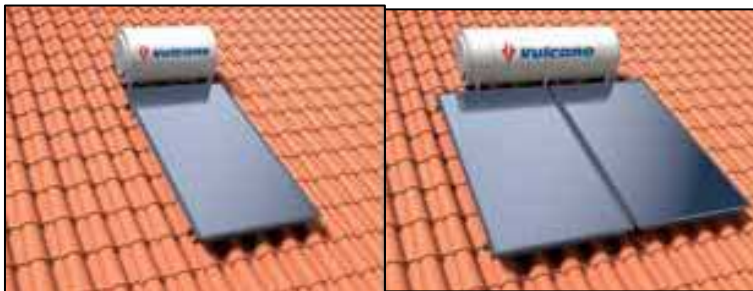


Figura 154– Painel com depósito adjacente; sistema de termosifão da Vulcano para aquecimento de água sanitária.

www.vulcano.pt

- Painéis sem depósito adjacente (figura 155).

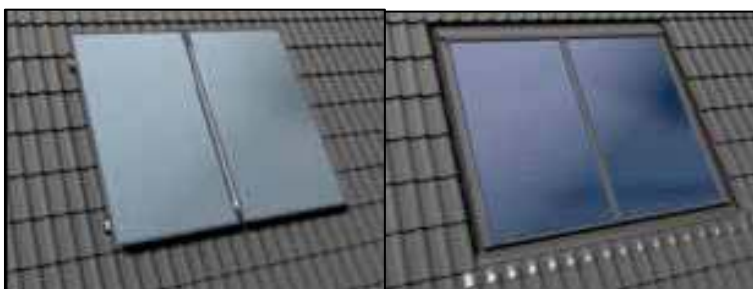


Figura 155– Painel sem depósito adjacente; painel integrado ou colocado na cobertura; sistema de circulação forçada da Vulcano para aquecimento de água sanitária.

www.vulcano.pt

Deste modo, optamos pelos painéis com depósito adjacente (sistema de termossifão) para o aquecimento de água sanitária dos armazéns, como se pode ver nas figuras 156 e 157.

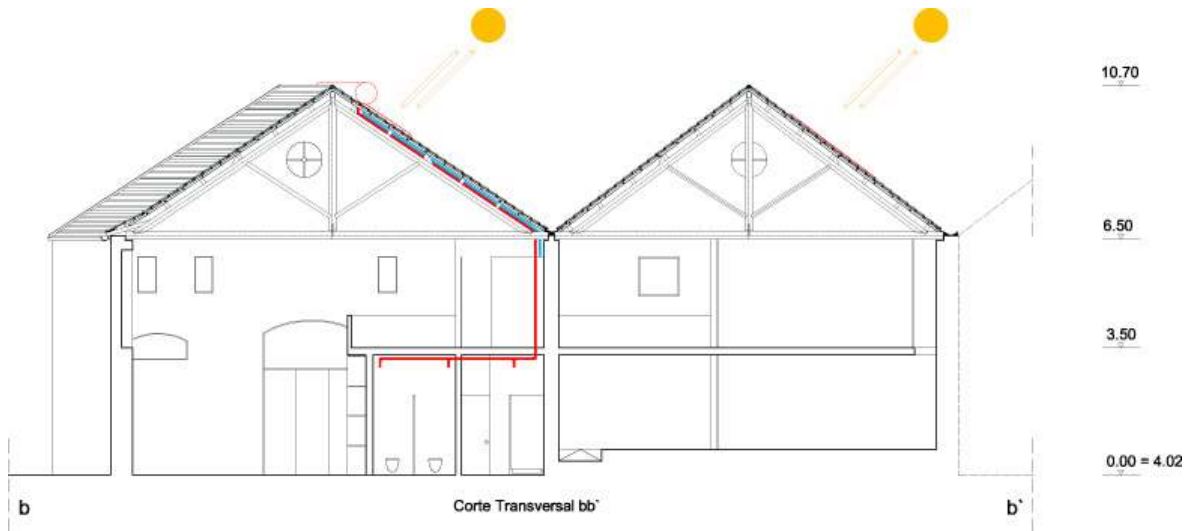


Figura 156– Corte transversal bb', representação do sistema de termossifão nos armazéns n.ºs 82 e 84 da Rua da Manutenção. Por Sofia Neves

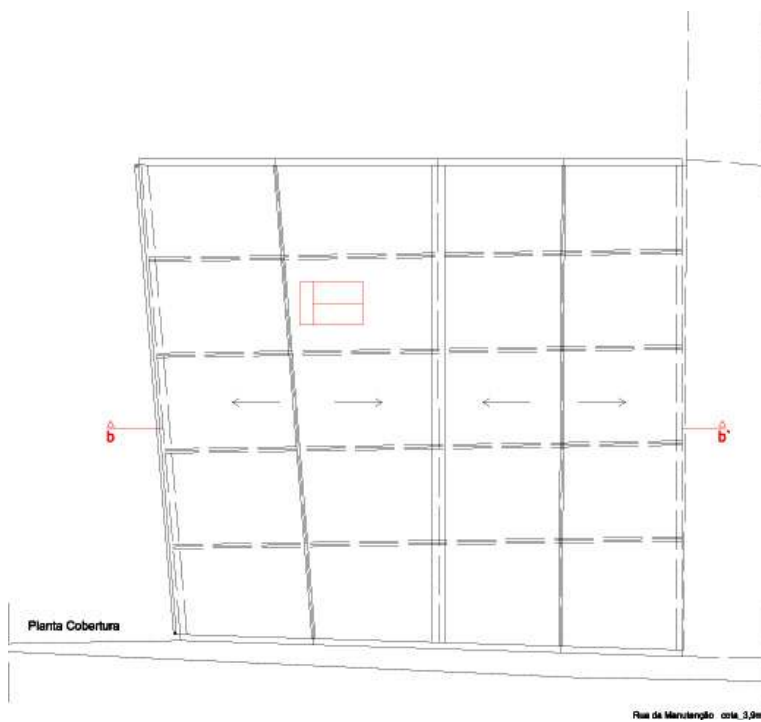


Figura 157– Planta de Cobertura com a marcação do Corte transversal bb', dos armazéns n.ºs 82 e 84 da Rua da Manutenção. Por Sofia Neves

O projecto apresentado, elaborado no âmbito da cadeira de projecto do 5º ano, a recuperação dos armazéns n.ºs 82 e 84 da Rua da Manutenção em Lisboa e a implantação de módulos auto suficientes num vazio urbano adjacente aos ditos armazéns, demonstram de facto a nossa tentativa de aplicar medidas passivas e activas na construção para aproveitar a energia solar e melhorar a eficiência energética dos edificios. Muito pode ser feito nesse sentido, como vimos ao longo do presente trabalho, contudo, um projecto de recuperação limita a nossa margem de actuação perante a implantação e aplicabilidade dessas mesmas medidas (passivas e activas), no sentido em que já existe uma orientação solar definida, uma abertura de vãos desenhada e um envolvente. Porém, existirá sempre alguma medida o passiva ou activa, como demonstramos no exemplo dado da recuperação em Xabregas, de se poder instalar, integrar e aplicar medidas que nos permitem aproveitar um recurso tão abundante a benéfico como o Sol.

Segundo o Professor Collares Pereira (Eng.º Manuel Collares Pereira, Investigador Coordenador INETI), todos os esforços no sentido de adequar a arquitectura para uma vertente de aproveitamento das energias renováveis como o Sol, mais abordado no presente trabalho, pode ser o instrumento de alcance à sustentabilidade da construção.

CONCLUSÃO

No presente trabalho fazemos uma abordagem à energia, à sua origem, às suas diferentes formas e fontes e percebemos que desde sempre o Homem necessitou de energia para viver. A história da energia está então associada à modernização e desenvolvimento das sociedades, *“Energia é certamente uma das mais importantes palavras-chave da Humanidade e do ambiente planetário.”* (Alexandre Vaz, 2006, www.naturlink.pt).

Seguimos o nosso estudo com a análise das fontes de energia, renováveis e não renováveis e compreendemos a extensão do seu uso e consumo, bem como o impacto que essa utilização causa no meio ambiente, ou seja, as energias não renováveis são poluentes e cada vez mais escassas, pois como o próprio nome indica não se renovam. Em contrapartida, as energias renováveis mostram-se como a alternativa a esta situação. As energias “limpas” como o Sol, o Vento, a Água, a Biomassa, etc. são recursos gratuitos e que podem satisfazer as nossas necessidades energéticas. A grande diferença é que estas fontes de energias renováveis não poluem, são inesgotáveis e, em Portugal, em particular, são fontes de energia que existem em abundância.

Daí que, com condições tão favoráveis como as que temos (grande número de horas de Sol, etc.), a política energética deve seguir o rumo das energias alternativas.

Assim ao longo do primeiro capítulo centramo-nos na contextualização da energia com o Homem e com o meio ambiente, estabelecendo relações entre ambas as partes. Percebemos que no contexto actual (alterações climáticas, o anunciado fim de alguns combustíveis fósseis, etc.), o caminho a seguir é o caminho da sustentabilidade. Caminho esse que passa, pelo uso de materiais naturais, biodegradáveis, de novas tecnologias de construção e processos ecológicos de funcionamento energético e de gestão bioclimática.

Neste sentido, no segundo capítulo, analisamos a eficiência energética em edifícios, por se entender que existe um esbanjamento energético, e por se saber que os edifícios consomem uma grande parte da energia disponível, e ainda por se perceber que a Arquitectura como disciplina directamente relacionada com esta problemática, deve ter em consideração as premissas que visam a eficiência energética dos edifícios. Para tal, os arquitectos devem implementar medidas passivas nos seus projectos. Medidas essas que, passam pelas estratégias bioclimáticas, como uma correcta orientação e localização do edifício, para promover ganhos solares e evitar as perdas de calor, bem como assegurar um bom isolamento e uma correcta e eficaz ventilação natural, entre outras medidas que contribuem

de facto para termos edificios energeticamente eficientes. Em suma, deve-se projectar e encarar a construção, indiciando a montante e a jusante deste processo, uma preocupação global em relação ao ambiente. Esta nova abordagem tem como princípios básicos o conhecimento do local e a adequação do respectivo projecto a todas as características e premissas relevantes para a sua eficiência em termos de ambiente e de arquitectura.

Por outro lado, os arquitectos devem também implementar nos seus projectos medidas activas para promover o aproveitamento de energias alternativas. Nesse sentido, fazemos o estudo da energia solar, e aprofundamos o estudo dos sistemas solares térmicos e dos sistemas solares fotovoltaicos. Após efectuada a análise destes processos, concluímos que a arquitectura pode ser encarada como uma ferramenta para a aplicação destas medidas activas e passivas na construção, e desse modo, promover e alcançar a sustentabilidade no sector da construção.

O terceiro capítulo surge nesta linha de raciocínio, com o objectivo de entender quais as energias renováveis que se podem aplicar e integrar nas construções, e como se aplicam as estratégias bioclimáticas.

Partimos da análise do desafio da integração das energias renováveis em edificios, e percebemos que não basta colocar painéis fotovoltaicos ou térmicos nas coberturas de edificios, se estes não tenham tido na sua concepção preocupações básicas (passivas) para serem mais eficientes (para equilibrar o seu consumo de energia).

Ao longo de todo o trabalho fomos dando exemplos de edificios feitos de raiz, onde eram aplicadas estratégias bioclimáticas, tendo como consequência uma melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

Percebe-se que através de um desenho bioclimático do edificio se consegue promover a eficiência energética mantendo todo o conforto e funcionalidade dos espaços. Por outro lado, a aplicação e integração das energias renováveis na construção mostra-se uma medida viável e uma mais valia para contribuir para uma construção sustentável. Sendo disso exemplo o projecto BedZed e o Edificio Solar XXI do INETI. Ambos os projectos aplicam estratégias bioclimáticas e soluções activas, como painéis solares e conseguem assim reduzir o consumo de energia mantendo a qualidade e o conforto térmico para quem usa esses espaços.

Assim, no que respeita à arquitectura, a aplicação e uso das energias alternativas revelam-se essenciais para seguirmos o caminho da sustentabilidade. Temos imensas opções, desde o aproveitamento do sol para produção de energia (solar fotovoltaico aplicado nos

edifícios) como a aplicação dos painéis solares térmicos para aquecimento de água e climatização das construções, ou ainda a energia eólica para produção de energia, através de mini turbinas aplicadas nas habitações.

Como resultado final de todo o trabalho desenvolvido, apresentamos uma aplicação prática de uma das estratégias activas (energia solar) referidas ao longo do trabalho, a aplicação de painéis solares térmicos num projecto de recuperação. A opção por este sistema foi devidamente ponderada e percebeu-se que a opção tomada era eficaz e viável para o aquecimento da água sanitária.

A adopção desta estratégia constituirá uma vantagem que coloca os fundamentos da sustentabilidade em pratica: reutiliza os edificios existentes, aproveitando todas as componentes através do desenho, adaptando-os a novos usos, prolongando a sua existência, recuperando o seu valor patrimonial e tornando a cidade num conjunto mais sólido em termos de desenho urbano

Sabemos por isso, que a Arquitectura neste novo milénio vai ter um desempenho vital na criação de melhores condições de vida. Através de estratégias que utilizam a energia solar (activa e passiva), o desenho de novos edificios passa a ter um desempenho que lhes permite ter auto-suficiência energética.

A tão falada arquitectura sustentável visa uma maior eficiência económica e menor impacto ambiental nas soluções adoptadas nas fases de projecto, construção, utilização, reutilização e reciclagem da edificação. A sustentabilidade de uma obra é avaliada pela sua capacidade de responder positivamente aos desafios ambientais da sociedade, sendo ela própria uma solução.

Assim, concluímos que a Arquitectura é uma ferramenta para impulsionar o uso e a aplicação de energias renováveis na construção, e os arquitectos são, sem dúvida, a classe profissional que muito pode contribuir para alcançar o desejado desenvolvimento sustentável (arquitectura sustentável).

BIBLIOGRAFIA

Livros:

AMARAL, Francisco Keil, et al., Portugal 1961, *Arquitectura Popular em Portugal*, Edição, Sindicato Nacional dos Arquitectos, Volume 2 e 3.

POLIÓN, Marco Lúcio Vitruvio, [S.L.] 1995, *Vitruvio: Los diez libros de Arquitectura*, Alianza Editorial.

SERRA, Rafael, Barcelona 1999, *Arquitectura y climas*, Editorial Gustavo Gili, S.L.

ROTH, Leland M., Barcelona 2000, *Entender la arquitectura sus elementos, historia y significado*, Editorial Gustavo Gili, SA.

GONÇALVES, Hélder, GRAÇA, João Mariz, *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Lisboa, 2004.

AAVV, *A Green Vitruvius – Princípios e Práticas de projectos para uma Arquitectura Sustentável*, Ordem dos Arquitectos, 1999.

DUNSTER, Bill “*From A to Zed*” - Realising Zero (fossil) Energy Developments, London, Published by Bill Dunster Architects ZEDfactory Ltd. 2003.

Revistas:

“*ARQUITECTURA E VIDA*” nº 74, Setembro 2006

“Ambiente e Sustentabilidade – Estratégia vital para um futuro equilibrado”, Texto de Graça Bachman, Arquitecta, Doutora e Professora da FAUTL.

“*ARQUITECTURA E CONSTRUÇÃO*” nº 38, Julho 2007

“Dossier Eco – arquitectura_ Energias Alternativas”
Pesquisa de Patrícia Navarro, Texto de Rita Copetto, Eng.^a/
Engystyle

“ARTE E CONSTRUÇÃO” nº 192, Outubro 2006

Especial Construção Sustentável, Texto de Raquel Rio e Sofia Duarte

“THE JOURNAL OF ECOLOGY”, vol. 81, nº 1 (1993), pp. 193- 194, I. G. Simons

Artigos e publicações em série electrónicas:

www.ageneal.pt

www.edp.pt

www.ecoedp.pt

www.tironenunes.pt

www.4eolic.com

www.acm.lda.pt

www.ineti.pt

www.construlink.com

www.naturlink.pt

www.raplus.pt

www.energiasrenovaveis.com

www.spes.pt

www.adene.pt

www.dgge.pt

www.immosolar.com

www.vulcano.pt

www.aguaquentesolar.com