

# **APLICABILIDADE E FUNCIONALIDADE DE ELEMENTOS FOTOVOLTAICOS COMO REVESTIMENTO EXTERIOR DE EDIFÍCIOS**

**BRUNO ANDRÉ PIMENTA TEIXEIRA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professor Doutor Vitor Carlos Trindade Abrantes Almeida

JANEIRO DE 2010

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus Pais

*Ciência é conhecimento organizado. Sabedoria é vida organizada.*

*Immanuel Kant*



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor Vitor Abrantes por todo o tempo disponibilizado.

Gostaria de agradecer aos colegas José Rocha e Nuno Queirós pelo debate de ideias e pela troca de conhecimento.

Gostaria de agradecer aos meus pais e a todos os meus bons amigos pela força e pelo apoio que me transmitiram ao longo de todo o decorrer deste ciclo.



## **RESUMO**

Este trabalho tenta reunir a maior quantidade possível de soluções comerciais de sistemas fotovoltaicos destinados à integração arquitectónica em edifícios disponíveis actualmente no mercado. Avaliou-se a corrente situação actual europeia e nacional, bem como os planos definidos para a longo prazo, para garantir a sustentabilidade do sector da construção e a implementação de energias renováveis no quadro de produção energética europeus. Foi descrito o funcionamento de um sistema fotovoltaico convencional, assim como o tipo de tecnologias que podem hoje em dia integrar este tipo de sistemas e foi feita uma listagem dos sistemas actualmente disponíveis no mercado que desempenham a dupla função de revestimento de edifício e produção de energia, completando esta análise com a descrição das capacidades destes produtos e das suas várias características mecânicas e electrónicas. Foi também averiguada a existência de projectos de investigação e desenvolvimento na área em questão.

**PALAVRAS-CHAVE:** sistemas fotovoltaicos, energias renováveis, integração arquitectónica, revestimentos, sustentabilidade.



## **ABSTRACT**

This work attempts to gather as much commercial solutions for building integrated photovoltaic systems as possible available currently on the market. The current European and national situation was evaluated, as well as long term plans, that will ensure sustainability in the construction and implementation of renewable energy sources in energy production in Europe. The functioning of a conventional photovoltaic system was described, as well as the types of technologies that can now integrate these systems and a list was made of currently available systems that perform the dual function of building coating and energy production, supplementing this analysis with a description of the product's capabilities and their various mechanical and electronic proprieties. The existence of research and development projects in the subject was also investigated.

**KEYWORDS:** photovoltaic systems, renewable energy sources, building integrated, coating, sustainability.



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO .....	1
1.2. ENERGIAS RENOVÁVEIS .....	3
1.3. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	5
1.4. MOTIVAÇÃO E OBJECTIVOS .....	7
<b>2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</b> .....	9
2.1. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	9
2.2. CONSTITUINTES .....	11
2.2.1. CÉLULAS FOTOVOLTAICAS .....	11
2.2.1.1. Células de Silício Policristalino .....	12
2.2.1.2. Células de Silício Monocristalino .....	13
2.2.1.3. Células de Silício Amorfo .....	13
2.3. CARACTERÍSTICAS E ASSOCIAÇÕES .....	13
2.4. APLICAÇÕES .....	15
<b>3. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INTEGRADOS EM EDIFÍCIOS</b> .....	17
3.1. CONCEITO .....	17
3.2. PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO .....	18
3.3. SOLUÇÕES COMERCIAIS .....	19
3.3.1. SWISS SOLAR SYSTEMS – 3S .....	20
3.3.1.1. Mega Slate Roof System .....	20
3.3.1.2. 3S Fotovoltaic Facade .....	21
3.3.1.3. 3S Photovoltaic with Glass Laminate .....	22
3.3.2. ALWITRA .....	24
3.3.3. ATLANTIS ENERGY SYSTEMS .....	25
3.3.3.1. Sunslates .....	25

3.3.3.2. Megaslates.....	26
3.3.4. COLT SHADOVOLTAIC SHADING SYSTEM .....	27
3.3.5. CREATIVE SOLAR SYSTEMS.....	28
3.3.6. IMERY´S.....	30
3.3.7. CORUS BAUSYSTEME .....	31
3.3.8. POWERQUANT.....	32
3.3.9. PV SOLAR ENERGY.....	34
3.3.10. RHEINZIK .....	35
3.3.10.1. Solar PV Standing Seam .....	35
3.3.10.2. Quick Step Solar PV .....	36
3.3.11. ROMAG.....	36
3.3.12. SAPA GROUP.....	38
3.3.13. SCHOTT SOLAR.....	43
3.3.13.1. InDax 225.....	43
3.3.13.2. ASI Solar Glass.....	44
3.3.14. SCHWEIZER METALBAU .....	45
3.3.15. SOLARDACHSTEIN .....	47
3.3.16. SOLUTION SOLARTECHNIK .....	49
3.3.17. SOLON SE .....	50
3.3.18. SRS ENERGY .....	52
3.3.19. SUNTECH.....	54
3.3.19.1. Suntech Just Roof .....	54
3.3.19.2. Suntech See Thru .....	56
3.3.19.3. Suntech Light Thru .....	57
3.3.20. SUNWAYS SOLAR.....	58
3.3.21. SYSTAIC .....	60
3.3.22. SYSTEM PHOTONICS .....	61
3.3.22.1. RTL CD / RTL CDW .....	62
3.3.22.2. RTL CS .....	62
3.3.22.3. SPL AA .....	63
3.3.22.4. SPL BA .....	64
3.3.23. UMBELINO MONTEIRO .....	64
<b>3.4. QUADRO SÍNTESE .....</b>	<b>65</b>

<b>3.5. ANÁLISE SOBRE O PANORAMA ACTUAL</b> .....	73
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	77
4.1. CONCLUSÕES.....	77
4.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	78



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1 – Rede de átomos de Silício .....	9
Fig.2.2 - Corrente eléctrica gerada pela radiação solar incidente numa célula fotovoltaica elementar.	10
Fig.2.3 – Célula Fotovoltaica (Silício Policristalino) comum .....	11
Fig.2.4 – Constituição interna de uma célula fotovoltaica típica .....	12
Fig.2.5 – Célula, Módulo e Pannel Fotovoltaico .....	14
Fig.3.1 – Mega Slate Roof System.....	20
Fig.3.2 – Mega Slate Roof System integrado em habitações unifamiliares.....	21
Fig.3.3 –3S Photovoltaic Facade .....	21
Fig.3.4 –3S Fotovoltaic Facade integrado em edifícios de habitação multifamiliares .....	22
Fig.3.5 –3S Photovoltaic with Glass Laminate.....	23
Fig.3.6 – Átrio do Centre for Water Education, Los Angeles .....	23
Fig.3.7 – Membrana Evalon Solar.....	24
Fig.3.8 – Learning Centre, Jena.....	24
Fig.3.9 – Sunslates.....	25
Fig.3.10 – Habitação Unifamiliar, Illinois .....	26
Fig.3.11 – MegaSlates .....	26
Fig.3.12 – Colt Shadovoltaic Shading System .....	27
Fig.3.13 – Escritórios da SBL, Linz .....	28
Fig.3.14 – Solar Roof Stone .....	28
Fig.3.15 – Habitação unifamiliar, Dusseldorf .....	30
Fig.3.16 – Tuile Photovoltaic.....	30
Fig.3.17 – Kalzip AluPlus Solar .....	31
Fig.3.18 – Schiller School, Bretten .....	32
Fig.3.19 – Célula fotovoltaica com eléctrodo .....	33
Fig.3.20 – Modelos do módulo PQ-120D.....	33
Fig.3.21 – PV Solar Tile .....	34
Fig.3.22 – Vista interior da cobertura de uma habitação em Surrey Hills.....	34
Fig.3.23 – Solar PV Standing Seam .....	35
Fig.3.24 – Quick Step Solar PV.....	36
Fig.3.25 – Paineis Powerglaz.....	37
Fig.3.26 – Câmara Municipal de Londres .....	37

Fig.3.27 – Membrana de Sombreamento na ligação fachada cobertura da Câmara Municipal de Londres.....	38
Fig.3.28 – Configuração dos diferentes sistemas fotovoltaicos, por local da envolvente .....	39
Fig.3.29 – Tipos de painéis disponíveis .....	39
Fig.3.30 – Combinações entre tecnologias fotovoltaicas, potências e transparência possíveis para os painéis.....	41
Fig.3.31 – Fachada do Hospital OLV .....	42
Fig.3.32 – Vista interior da fachada do Hospital OLV .....	42
Fig.3.33 – Sede Nacional da Telecom Sudão .....	43
Fig.3.34 – InDax 225 .....	43
Fig.3.35 – Edifício da Schott Ibérica, Barcelona .....	44
Fig.3.36 – Exemplo de aplicação do sistema Solrif.....	45
Fig.3.37 – Módulo exemplar de uma Solar Roof Tile .....	47
Fig.3.38 – Exemplo de aplicação da Solar Roof Tile .....	47
Fig.3.39 – Insol PV20 .....	49
Fig.3.40 – Insol PV20 na cobertura de uma habitação .....	50
Fig.3.41 – Solon Black 160/05.....	50
Fig.3.42 – Aplicações do Solon Black 160/05 em residências unifamiliares .....	51
Fig.3.43 – Sede da Solon SE, Berlim.....	51
Fig.3.44 – Fachada do Hospital Meyer, Itália .....	52
Fig.3.45 – Pormenor de instalação das Solé Power Tiles.....	52
Fig.3.46 – Solé Power Tiles.....	53
Fig.3.47 – Exemplo de aplicação das Solé Power Tiles .....	53
Fig.3.48 – Residência Unifamiliar em Palm Springs, Califórnia.....	54
Fig.3.49 – Suntech Just Roof .....	55
Fig.3.50 – Urbanização com telhados equipados com o sistema Just Roof.....	55
Fig.3.51 – Suntech See Thru.....	56
Fig.3.52 – Terminal de Autocarros em Kanazawa .....	56
Fig.3.53 – Suntech Light Thru .....	57
Fig.3.54 – Arranha-céus com fachada fotovoltaica em Hong Kong.....	58
Fig.3.55 – SM 215 L – Laminate .....	58
Fig.3.56 – BMW World, Munique.....	59
Fig.3.57 – Xicui, Pequim.....	60
Fig.3.58 – Energy Roof.....	60

Fig.3.59 – Escritórios da firma Krall, Elsenfeld.....	61
Fig.3.60 – RTL CD (à esquerda) e RTL CDW (à direita) .....	62
Fig.3.61 – RTL CS.....	63
Fig.3.62 – SPL AA.....	63
Fig.3.63 – SPL BA.....	64
Fig.3.64 – Telha Solesia.....	64
Fig.3.65 – Cobertura de demonstração para as telhas Solesia, na sede da empresa .....	65



## **ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro 1.1 – Produção de electricidade através de energias renováveis (2005) e metas traçadas para 2010 em Portugal .....	5
Quadro 3.1 - Modelos Comerciais da Solar Roof Stone .....	29
Quadro 3.2 - Tecnologia Fotovoltaica disponível para a assemblagem dos painéis.....	40
Quadro 3.3 - Módulos compatíveis com o sistema Solrif.....	46
Quadro 3.4 - Modelos disponíveis para a Solar Roof Tile .....	48
Quadro 3.5 - Compilação de sistemas fotovoltaicos destinados à integração em coberturas de edifícios .....	66
Quadro 3.6 - Compilação de sistemas fotovoltaicos destinados à integração em fachadas de edifícios.. .....	71



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

Actualmente observa-se à escala global, a uma preocupação cada vez mais crescente com o impacto das acções do Homem no planeta e, por consequência, quais dos efeitos provocados por essas acções se irão reflectir a longo prazo, para as gerações vindouras, e de que forma estes podem afectar e até mesmo vir a diminuir a qualidade de vida futura. Os impactos anteriormente referidos não são meramente impactos ambientais, aos quais vulgarmente está associada a ideia de sustentabilidade, mas também impactos de ordem económica, social e cultural, tal como abrange o próprio conceito de sustentabilidade na sua generalidade. O conceito de sustentabilidade advém do debate sobre o desenvolvimento sustentável, cujo marco inicial é a primeira Conferência Internacional das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, realizada em 1972 em Estocolmo. O desenvolvimento sustentável é no fundo um processo, que trata na sua essência da manutenção do equilíbrio entre a capacidade do ambiente e as exigências de igualdade, prosperidade e qualidade de vida da população humana. Tal como foi definido pela primeira vez no Relatório Brundtland em 1987, relatório criado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, e ainda hoje a definição mais utilizada para descrever a sustentabilidade e, por consequência, o desenvolvimento sustentável: “O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração actual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e económico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais.” (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987)

Tal como aqui é definido, e como descrito anteriormente, o desenvolvimento sustentável não é ambientalismo, nem apenas ambiente, mas sim jogo entre objectos económicos, financeiros, ambientais e sociais, no qual apenas atingindo o equilíbrio entre estes três grandes pilares do desenvolvimento sustentável (sustentabilidade ambiental, sustentabilidade económica e sustentabilidade sociopolítica) se garante que a sociedade, os seus membros e as suas economias consigam preencher as suas necessidades e expressar o seu potencial no presente, ao mesmo tempo preservando os recursos, os eco sistemas e a biodiversidade naturais, planeando e agindo de forma a alcançar a manutenção indefinida desses mesmos recursos e ideais. (<http://www.nssd.net>, 5/12/2009)

Seguindo esta linha de ideias, não será de surpreender que o sector da construção será, ou pelo menos existe uma crescente tendência para ser, um dos mais empenhados em perseguir o ideal proposto pelo conceito de sustentabilidade, pois tal como é inegável a importância da cadeia produtiva da indústria da construção para o desenvolvimento económico, social e ambiental de qualquer país, por meio da elevada geração de empregos, renda, impostos, viabilização de moradias, infra-estruturas, estradas e

tudo o que daí advém, é também um sector conhecido por ser um grande consumidor de recursos naturais e energéticos, além de gerador de resíduos, daí que sejam precisamente estas realidades que cada vez mais têm impulsionado certos agentes com influência no sector, desde governos a consumidores, passando por investigadores e associações, a alertar, estimular e até mesmo pressionar para a tomada de consciência, no sentido de adoptar práticas e processos construtivos que visem a sustentabilidade. Isto implica a procura e desenvolvimento de sistemas construtivos que promovam integração com o meio ambiente, adaptando-os para as suas necessidades de uso, produção e consumo humano, ao mesmo tempo preservando os recursos naturais e adoptando soluções que propiciem edificações económicas e bem-estar social. (Câmara da Indústria da Construção, 2008)

Um empreendimento humano sustentável, remetendo para o conceito geral de sustentabilidade referido nos primeiros parágrafos deste capítulo deve obedecer a quatro requisitos para ser considerado como tal: ser ecologicamente correcto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceite. Particularizando este conceito e adoptando-o à construção, existem algumas linhas gerais, às quais um edificado deve obedecer de forma a ser considerada uma construção sustentável, nomeadamente, conseguir um bom aproveitamento das condições naturais locais, a mínima ocupação de terreno e integração com o ambiente natural, redução ou até mesmo se possível não provocar impactes na envolvente a nível paisagístico, promover a sensação de bem-estar, possuir qualidade ambiental interna e externa, conseguir uma gestão sustentável da implantação da obra, adaptar-se às necessidades actuais e futuras dos usuários, reduzir o consumo energético e de água, reduzir, reutilizar, reciclar e dispor correctamente os resíduos sólidos e introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável. (Câmara da Indústria da Construção, 2008)

No campo dos materiais isto pode resumir-se à escolha de materiais de construção ambientalmente correctos, de origem certificadas e com baixas emissões de CO<sub>2</sub>, o que por si só assegura ao mesmo a qualidade e a sustentabilidade de uma construção, já que estes materiais certificados obedecem à legislação vigente não apenas em critérios ambientais, mas também em critérios mecânicos de desempenho, segurança e durabilidade. A selecção dos materiais deve ainda englobar não só a preocupação com a vida útil do material, mas também critérios como a geração de resíduos durante a fase de obra, pelo que materiais que geram uma menor quantidade de resíduos durante a fase de construção são obviamente uma melhor opção em relação a outros materiais que não satisfazem os mesmos requisitos, pois a sustentabilidade de uma construção, por tudo que já foi enumerado, é medida imediatamente a partir do momento de concepção e construção. Devem-se utilizar materiais que necessitem do menor consumo de água e energia possíveis em todas as fases – construção e uso – e que possam ser reaproveitados no fim do seu ciclo de vida. (Câmara da Indústria da Construção, 2008)

Tal como é descrito no Guia de Sustentabilidade na Construção, produzido pela FIEMG (Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais) e pela CIC (Câmara da Indústria da Construção), “o primeiro passo para a sustentabilidade na construção é o compromisso das empresas da cadeia produtiva ao criarem bases para o desenvolvimento de projectos efectivamente sustentáveis”. Nesse guia apresentam-se três pré-condições fundamentais para a construção dessas bases. Assim a primeira condição será que um projecto de sustentabilidade tem de ter qualidade, pois a qualidade garante que níveis de excelência sejam atingidos, mantidos e disseminados nos processos das empresas. A gestão da qualidade, especialmente a busca por melhoria contínua, é um pré-requisito para a sustentabilidade porque estimula a melhoria constante dos processos empresariais, que estão ligados ao consumo de recursos naturais, produtividade, desperdício, durabilidade, entre outros. A segunda pré condição defendida por este Guia diz que é fundamental seleccionar fornecedores, tanto de materiais como de serviços, assim como a equipa de mão-de-obra. As empresas que trabalham com fornecedores

informais também se tornam informais, alimentando este ciclo nocivo. É preciso garantir a legalidade de toda a empresa e de todos os seus processos. Além de garantir a legitimidade da empresa, a selecção de fornecedores formais estimula o aumento da profissionalização na cadeia produtiva e consequente eliminação de empresas com baixa produtividade. A terceira pré-condição referida por este Guia defende a busca constante pela inovação. Utilizar novas tecnologias, quando possível e adequado. Caso inviáveis, buscar soluções criativas respeitando o contexto. É importante que as empresas tenham relações estreitas com agentes promotores de inovação na cadeia produtiva, tanto na oferta de novos materiais e equipamentos, quanto na capacitação da mão-de-obra. A base para a sustentabilidade na construção é alinhar ganhos ambientais e sociais com os económicos, daí a necessidade e importância de inovações. (Câmara da Indústria da Construção, 2008)

A incorporação destas medidas passa então pelas próprias empresas do sector, pois devem ser elas a modificar a sua forma de produzir e gerir as suas obras, procurando uma integração progressiva de processos sustentáveis, pesquisando e adquirindo com cada obra realizada, soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis para o empreendimento, e só assim se caminhará num sentido irreversível para um estado de equilíbrio e sustentabilidade.

## **1.2. ENERGIAS RENOVÁVEIS**

As necessidades energéticas a nível internacional têm crescido a um ritmo exponencial nas últimas décadas. O crescimento económico e a evolução social de alguns países no panorama mundial, nomeadamente aqueles denominados de economias emergentes, como serão disso exemplo países como o Brasil, a Rússia, a China, a Índia, etc. que representam hoje em dia já 50% do PIB mundial, têm contribuído em larga escala para esse crescimento. O rápido crescimento destas economias emergentes fez-se sentir numa subida significativa da procura e dos preços das matérias-primas nos últimos anos (em particular nos metais e na energia, com o petróleo por exemplo a atingir preços recorde em termos nominais). Dado que grande parte da energia a nível mundial é obtida a partir de combustíveis fósseis, como o carvão, o gás, ou o petróleo, cujas reservas têm vindo a diminuir rapidamente, variando inversamente com o crescente aumento das necessidades energéticas, urge procurar novas soluções alternativas aos meios já existentes, e ser capaz de implementá-las a uma nova escala, na qual o seu contributo passe a ser significativo para o mercado energético, visando a substituição dessas energias fósseis por energias limpas e sustentáveis, nomeadamente energia solar, eólica, geotérmica, hídrica, das marés e das ondas e de biomassa.

Além da diminuição irreversível das reservas de matérias-primas no planeta, este cenário actual é acompanhado de outros efeitos nocivos. Uma das consequências mais gravosas é o aumento do efeito de estufa, originado pelas elevadas emissões de certos gases para a atmosfera terrestre, resultantes da combustão de recursos fósseis como o petróleo ou o carvão. A excessiva concentração de dióxido de carbono, metano e de outros gases na atmosfera terrestre, reduz a libertação de calor para o espaço, provocando um aumento médio da temperatura e consequente 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, traduzidas por um aumento de 0.7 °C da temperatura média anual no planeta. (Morais, 2009)

Visando a redução da emissão de gases com efeito estufa, Portugal fez parte da lista de países que assinou em 1997 o Protocolo de Quioto, fruto de uma convenção internacional sobre alterações climáticas que, no quadro da ONU, vincula os participantes a cumprirem metas de redução das emissões de gases com efeito estufa até 2010.

As fontes renováveis de energia assumem um papel preponderante para a União Europeia atingir as suas metas de redução de importação de combustíveis fósseis e diminuição da produção de gases de efeito estufa. Os objectivos Europeus passam por reduzir a sua dependência de importação energética através do melhoramento da eficiência energética e aumentando a contribuição das energias renováveis no esquema de produção. A dependência Europeia da importação de energia manteve-se constante nos 45% durante os anos 90, contudo a partir de 2000 esses níveis cresceram de forma bastante acelerada, excedendo os 50% em 2004, chegando mesmo a 55% já em 2008. Isto deve-se em parte a um ligeiro aumento no consumo de energia dentro do espaço Europeu, cujos dados entre os anos de 2000 e 2007 permitem observar um maior crescimento dessa demanda em relação à década anterior. O paradigma tem vindo a alterar-se, com um maior afastamento da dependência de energias fósseis e uma maior utilização do gás natural e, em parte, energias renováveis. Depois de um declínio do recurso aos renováveis no início da presente década, comparativamente à década de 90, a cota de produção eléctrica através de energias renováveis na União Europeia cresceu de 13,8% no ano de 2000, para 15,6% em 2007, com um crescimento percentual unitário (1%) só entre os anos de 2006 e 2007, continuando mesmo assim abaixo do alvo estabelecido pelas metas Europeias de atingir a cota de 21% já em 2010. A biomassa é actualmente a fonte de energia renovável mais importante, sendo responsável em 2007 por quase 70% da cota total de produção de energia associada apenas às renováveis, e apresenta também a maior cota de crescimento absoluto. A energia hídrica aparece como a segunda fonte mais importante dentro das energias renováveis, contudo a sua contribuição tem vindo a diminuir, quer em termos comparativos (com outras fontes renováveis) como em termos absolutos, como indicam dados de 2000 a 2007, muito em parte devido a uma série de anos de seca. A energia solar continua até hoje a ser a fonte que menor importância apresenta, representando apenas 0,1% do consumo total bruto energético da Europa, e 1,2% apenas dentro do sector das energias renováveis, apesar de indicadores Europeus demonstrarem que o crescimento do sector, em termos absolutos tem sido impressionante, assumindo-se já como uma importante fonte de energia no Chipre, e, a uma menor escala, na Grécia (Comissão Europeia, 2009). O preço das energias renováveis, que para algumas tecnologias continua mais elevado que o preço de produção através de meios mais convencionais, e mesmo dentro dos renováveis, as diferenças de eficiência e as diferenças de custos entre tecnologias, ajudam a explicar o presente panorama.

No caso concreto de Portugal, tem sido feito um esforço enorme para atingir as metas Europeias, com o governo a traçar o ambicioso objectivo para 2010 de atingir a cota de 45% do consumo bruto energético proveniente de fontes renováveis. Em 2008, a contribuição era já de 42%, e prevê-se que o alvo seja atingido já em 2010, maioritariamente através da energia eólica e hídrica, com a energia solar a contribuir com uma módica parcela (Nowak, 2009). A estratégia passa pelo melhoramento da eficiência energética, reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> e aumentar o uso de energias renováveis, garantindo a segurança do abastecimento, através da diversificação das fontes energéticas e ao mesmo tempo diminuindo o impacto ambiental associado ao sistema energético. A promoção da utilização de energias renováveis para a produção de energia junto dos consumidores tem recentemente obtido grande sucesso, principalmente devido ao programa “Renováveis na Hora” lançado em Março de 2008, que obriga a total devolução da energia produzida pelos micro produtores à rede eléctrica nacional, a troco de incentivos monetários. Neste programa, para as energias renováveis, a potência máxima de ligação cinge-se aos 3,68 kW e as remunerações são calculadas mediante uma taxa de referência definida nos 0,65 €/kW de energia produzida, revista em 95% a cada vez que 10 MW de produção são alcançados. Os diferentes tipos de produção são remunerados de diferente forma, assim, a energia fotovoltaica é remunerada a 100% da taxa de referência, a energia eólica a 70% e a energia hídrica e biomassa é remunerada a 30% da taxa de referência. Estas tarifas são garantidas durante os primeiros 5 anos de instalação, a partir dos quais as taxas passam a ser as definidas pela entidade

energética responsável. (<http://www.renovaveisnagora.pt>, 7/12/2009) Em 2005 o país assumia-se já como o quinto país, dentro da União Europeia, com maior capacidade de energia total consumida produzida através de energias renováveis, ainda assim com o panorama português a estar bastante aquém das metas definidas pelo governo até 2010, como mostra quadro 1. (<http://www.iea.org>, 16/12/2009)

Quadro 1.1 – Produção de electricidade através de energias renováveis (2005) e metas traçadas para 2010 em Portugal (<http://www.dgge.pt>, 15/12/2009)

Fonte Energética	Produção Eléctrica em 2005 (MW)	Metas de produção para 2010
Hídrica (> 10 MW)	4503	5000
Mini-Hídrica (< 10 MW)	306	400
Biomassa	369	511
Biogás	8	50
Eólica	1059	5100
Resíduos	96	130
Ondas	0	50
Solar Fotovoltaico	2	150

Dados não revistos de 2008 estimavam já uma contribuição, através de fontes eólicas, superior a mais do dobro daquela registada em 2005, com 2800 MW, com o sector solar fotovoltaico a registar também um forte crescimento, sendo responsável já por uma capacidade de 68 MW. Em Dezembro de 2008 foi concluída a construção da central eléctrica fotovoltaica de Moura, responsável por si só por uma produção de 93 GW.h/ano. Contudo os sectores eólico e hídrico continuam a ser a grande aposta no país. (Nowak, 2009)

Tanto em Portugal, como na Europa, 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.

### 1.3. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O Sol é uma fonte de energia quase inesgotável, responsável não só pela origem da vida na Terra mas também pela sua continuação. Através das reacções nucleares que se produzem no seu interior, o Sol irradia energia sob a forma de luz e calor para o espaço, sendo que a cada segundo é gerada uma energia aproximada de  $38 \cdot 10^{25}$  Joules. Devido a variados factores como os efeitos de absorção e reflexão na atmosfera, a variação da humidade, presença de nuvens, pó, etc., a latitude do local e até a estação do ano, nem toda esta energia chega ao planeta Terra. Aliás, apenas uma infinitésima parte dela atinge a superfície terrestre, mesmo assim estimando-se que em média, a superfície da Terra receberá anualmente  $1,5 \cdot 10^8$  kWh de energia solar, o que corresponde a cerca de 10,000 vezes o consumo mundial actual de energia nesse período, o que justifica legitimamente o desenvolvimento de

tecnologias de forma a obter um aproveitamento satisfatório desta fonte energética. (<http://www.dgge.pt>, 15/12/2009)

O efeito fotovoltaico não é propriamente uma descoberta recente, já que a primeira vez que foi relatado este efeito num electrólito, por Alexandre-Edmond Becquerel, físico experimental francês, data já de 1839, que consistia no aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção de luz. A primeira célula fotovoltaica, foi concebida em 1876, contudo a produção industrial desta tecnologia inicia-se apenas em 1956, fortemente impulsionada pela indústria espacial. A crise energética de 1973, renova e amplia o interesse da tecnologia em aplicações terrestres, verificando-se uma melhoria dos métodos de fabrico e um aumento do volume de produção que permitiram tornar esta tecnologia bastante mais atractiva do ponto de vista económico. Em 1978 a produção mundial atingia a módica marca de 1 MWp/ano, valor esse que viria a transformar-se em 150 MWp/ano pelo ano 1998, e tem vindo continuamente a crescer, em grande parte graças à incessante procura de alternativas ecológicas aos meios convencionais de produção de energia, de forma a reduzir a produção de gases de efeito estufa e dependência energética. (Morais, 2009) Dados recentes indicam que a produção fotovoltaica tem duplicado a cada dois anos, crescendo à taxa média de 48% ao ano desde 2002, fazendo deste sector aquele com o crescimento mais rápido, dentro das tecnologias de energia. (<http://www.iea.org>, 16/12/2009)

O sistema fotovoltaico é normalmente constituído por células fotovoltaicas, o elemento mais importante do sistema e por inversores, baterias e controladores/reguladores de carga. As células convertem radiação solar em electricidade a partir de processos que se desenvolvem ao nível atómico dos materiais pelos quais são constituídas. As células fotovoltaicas são constituídas pelo menos por duas camadas de material semicondutor onde é produzida a corrente eléctrica. Cerca de 90% da tecnologia instalada hoje em dia, tem por base o silício como material semicondutor, que é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, contudo outros materiais têm vindo a ser pesquisados de forma a ser possível obter melhores rendimentos de conversão energética e redução de custos. A esses materiais semicondutores são adicionadas substâncias ditas dopantes, de modo a criar um meio mais favorável à ocorrência do efeito fotovoltaico, ou seja a conversão directa da potência associada a radiação solar em potência eléctrica DC (do inglês *direct current* ou Corrente Contínua) (Silva e Afonso, 2009). Por imperativo de fabrico de equipamentos eléctricos é utilizada normalmente a corrente alternada de tensão 230/400 Volts, que é a tensão nominal das redes de distribuição a nível europeu. Para se dispor dessas tensões em sistemas fotovoltaicos, de forma a ser possível o aproveitamento da energia para a rede ou para aplicações domésticas, é necessário utilizar o inversor para converter a corrente DC em AC (do inglês *alternated current* ou Corrente Alternada). Obviamente as células têm um poder de produção limitado, daí que para obter potências superiores, as células possam ser conectadas em série ou em paralelo formando módulos fotovoltaicos, e o seu rendimento produtivo é fortemente condicionado por vários factores como o estado da superfície de absorção (normalmente vidro), pela temperatura da célula, pelas condições de luminosidade, etc. De forma a manter este rendimento constante as células são encapsuladas normalmente entre um módulo de vidro e um fundo para evitar a sua degradação por factores atmosféricos como o vento, a chuva, poeiras ou vapor. Os sistemas fotovoltaicos actuais oferecem garantias de funcionamento a pelo menos 80% do seu rendimento inicial até 25 anos, momento a partir do qual é possível a sua reciclagem. (Morais 2009)

Os sistemas fotovoltaicos possuem inúmeras aplicações, normalmente categorizadas em dois sub grupos: sistemas isolados e sistemas ligados à rede eléctrica. Dentro dos sistemas isolados a energia fotovoltaica pode ser utilizada para electrificação rural, aplicações agrárias, bombeio de água, telecomunicações, dessalinização e iluminação pública. Os sistemas ligados à rede são normalmente

sistema de maior escala como centrais fotovoltaicas e edifícios habitacionais com produção anexa. (Morais, 2009) Um dos segmentos da indústria fotovoltaica que tem registado um maior crescimento nos últimos anos tem sido o sector da integração arquitectónica em edifícios, no qual módulos fotovoltaicos são incorporados na cobertura ou na fachada de novos edifícios de utilização habitacional ou industrial, como fonte primária ou auxiliar de energia. A grande vantagem deste sector, e o principal motivo pelo qual tem atraído tanta procura, é que estes elementos fotovoltaicos não só geram energia como permitem substituir outros materiais tradicionais que normalmente servem de revestimento à envolvente dos edifícios, exercendo funções de protecção, acabamento e de conforto térmico e acústico, mantendo ao mesmo tempo o apelo visual da construção em que se inserem. Isto permite uma poupança considerável comparativamente aos sistemas fotovoltaicos convencionais que são montados no edifício através de estruturas metálicas de suporte já que permitem eliminar os custos dos materiais de revestimento, dado que ao exercerem essa dupla função esses materiais deixam de ser necessários, e também estes sistemas por regra geral requerem um grau de manutenção muito menor do que os primeiros. Além disto a energia passa a ser gerada junto ao ponto de consumo e na tensão de consumo, o que significa que as perdas de energia na transmissão e distribuição da mesma são eliminadas contribuindo para a eficiência energética de qualquer sistema. (Eiffert e Kiss, 2000)

#### **1.4. MOTIVAÇÃO E OBJECTIVOS**

Neste trabalho pretende-se incluir uma compilação de soluções fotovoltaicas integradas em edifícios de forma a ser possível consultar num só documento o tipo de soluções, a gama de potências disponíveis, os materiais construtivos, o apelo visual, o campo de aplicação, etc. dos vários tipos de soluções hoje oferecidas pelo mercado neste segmento. Para cada solução será feita uma abordagem superficial ao produto descrevendo a empresa, algumas características técnicas e exemplificando a aplicação dos mesmos em obras de referência quando possível. Para facilitar a consulta das soluções será elaborado um quadro síntese que incluirá algumas das características mais relevantes de cada solução de uma forma simples e resumida. A título de interesse, e porque qualquer obra que se debruce sobre temas relacionados com tecnologia hoje em dia rapidamente fica desactualizada, será elaborada uma breve descrição de pesquisas recentes ainda em curso na área dos fotovoltaicos e em especial na área da sua integração em edifícios, para que seja não só possível traçar um panorama da actual situação de mercado mas também do tipo de tecnologias e soluções que poderão vir a surgir num futuro próximo.

Em Portugal, apesar do enquadramento legislativo e das condições climáticas fortemente favoráveis à implantação deste tipo de sistemas, especialmente junto dos micro-produtores, continua a ser muito pouco comum a sua prática. Podem-se enumerar várias razões para este facto desde a falta de investimento e interesse em soluções inovadoras por parte das empresas, a simples falta de conhecimento por parte dos projectistas, a falta de divulgação, a falta de projectos de demonstração e a falta de referências no país. É necessário sensibilizar o sector da construção, e dar a conhecer o maior número de soluções possíveis disponíveis para finalmente seguir o encaixe da Europa, e apostar em sistemas energéticos fiáveis e não poluentes, que nos ajudarão a atingir mais rapidamente as metas ambientais e energéticas impostas pela União Europeia a Portugal, contribuindo ao mesmo tempo para um aumento da eficiência da distribuição energética e para a diminuição da dependência energética do país. Por todas as vantagens já enumeradas nos pontos anteriores e pelas vantagens que serão enumeradas no decorrer deste estudo, é por demais evidente que este tipo de sistemas oferecem benesses do ponto de vista económico e ambiental, esperando-se num futuro muito próximo que o custo desta tecnologia venha a diminuir graças a ao melhoramento dos processos de produção e aumento do volume de produção.



# 2

## SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

### 2.1. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

A tecnologia fotovoltaica permite o aproveitamento da energia libertada pelo Sol, convertendo-a em energia eléctrica. O efeito fotovoltaico consiste no aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de um material semiconductor, produzida pela absorção da luz. Os materiais semicondutores possuem uma banda de valência totalmente preenchida por electrões e uma banda de condução vazia destes, onde a diferença energética entre estas duas bandas em materiais com esta designação é da ordem dos 1eV (no caso específico do cristal de silício, um dos materiais mais utilizados na produção de células, vale 1,12eV). Fotões na faixa da luz visível, com energia superior a essa diferença energética podem excitar electrões presentes na banda de valência para a banda de condução. (Morais, 2009)

Tomando como exemplo o átomo de silício, este é formado por 14 protões e 14 electrões. Na sua banda de valência existem 4 electrões de ligação, também denominados electrões de valência, que se podem ligar aos átomos vizinhos, através de ligações covalentes, formando uma rede cristalina (Figura 2.1). Em cada ligação covalente, um átomo partilha um dos seus electrões de valência com um electrão de valência do átomo vizinho.

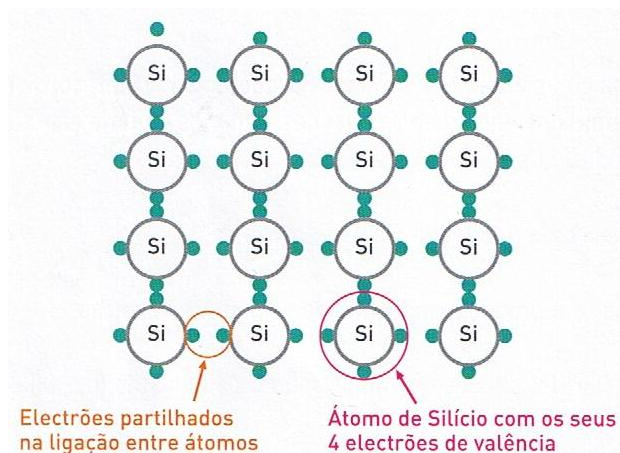


Figura 2.1 – Rede de átomos de Silício (Morais, 2009)

Quando a banda de valência, que pode conter até 8 electrões, fica cheia, os electrões ficam presos nela e o átomo permanece num estado estável. Para que os electrões se possam deslocar entre as bandas de valência e condução, eles necessitam de adquirir energia suficiente, que no caso desta tecnologia é obtida através dos fotões provenientes da radiação solar. Quando um desses fotões atinge um electrão na banda de valência, força a sua deslocação para a banda de condução, deixando uma lacuna no seu lugar, que se passa a comportar como uma carga positiva. (Castro, 2008)

Contudo uma célula fotovoltaica constituída por silício puro não produziria energia eléctrica, pois os electrões passariam para a banda de condução mas acabariam por se recombinar com as lacunas. Para existir corrente eléctrica é necessário um campo eléctrico, que ocorre quando existe uma diferença de potencial entre duas zonas da célula. Isto é conseguido por um processo denominado de dopagem, que consiste na adição de outros elementos à rede cristalina, que propiciem condições mais favoráveis à criação desse campo eléctrico. Assim se adicionarmos por exemplo, átomos de Strômbio com 5 electrões de valência, em contraste com os 4 do silício, haverá um electrão em excesso, que com pouca quantidade de energia se poderá deslocar para a banda de condução. Este tipo de elementos que doam electrões, denominam-se dopantes tipo n ou impurezas tipo n (carga negativa). Se por outro lado, fossem adicionados à rede cristalina de silício átomos de Alumínio, com 3 electrões de valência, iria haver um electrão em falta, o que significa que com pouca energia se poderiam deslocar electrões de outra região para esta. Um elemento como o Alumínio, que se comporta como um receptor de electrões, denomina-se dopante ou impureza tipo p (carga positiva). Partindo de duas pastilhas de silício puro e introduzindo numa um dopante tipo p e noutra um dopante tipo n, formar-se-á uma junção p-n, onde os electrões livres do lado n migram para o lado p, criando-se uma falta de electrões no lado n e um aumento de electrões no lado p. Se essa junção for exposta a fotões com maior energia que a energia necessária para acelerar um electrão para a banda de condução do material, ocorrerá a geração de pares electrões-lacuna. Nestas condições, ligando os terminais a um circuito que se fecha exteriormente através de uma carga, circulará corrente eléctrica (Figura 2.2). (Morais, 2009)

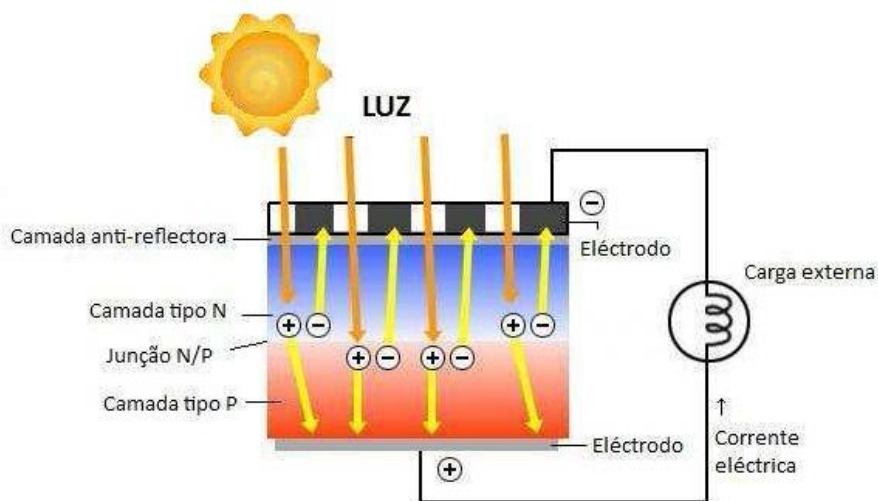


Figura 2.2 – Corrente eléctrica gerada pela radiação solar incidente numa célula fotovoltaica elementar (Silva e Afonso, 2009)

Apenas uma parcela do espectro de radiação solar, numa faixa inferior a  $1 \mu\text{m}$ , é capaz de excitar os electrões numa célula de silício e além disto, nem todos os electrões excitados contribuirão para a corrente eléctrica. Cada fotão consegue excitar apenas um electrão, logo para fotões com maior

energia que a energia necessária para transportar o electrão, haverá um excesso de energia que se dissipará sob a forma de calor. (Morais 2009)

## 2.2. CONSTITUINTES

Dependendo da sua configuração, um sistema fotovoltaico pode incorporar os seguintes componentes:

- Células fotovoltaicas, responsáveis pela conversão da radiação solar em energia eléctrica através de processos que se desenvolvem ao nível atómico no material que são constituídas;
- Baterias de acumuladores, que armazenam a energia produzida, assegurando o abastecimento nos períodos em que a energia solar é insuficiente para a alimentação da carga. Normalmente só estão presentes em sistemas isolados da rede;
- Regulador de carga, que controla a carga da bateria pela análise da tensão da mesma e interrompe o funcionamento às cargas externas quando é atingida a profundidade de descarga máxima da bateria e também interrompe o fornecimento à bateria quando esta atinge a carga máxima. Também estão apenas presentes em sistemas isolados onde se inserem as baterias.
- Inversor, necessário para transformar a corrente contínua (DC) produzida pelo sistema em corrente alternada (AC), normalmente utilizada nos equipamentos eléctricos e para fornecimento de energia à rede.

### 2.2.1. CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

São o elemento fulcral de qualquer sistema fotovoltaico, capaz de transformar a energia luminosa proveniente do Sol em energia eléctrica. (Figura 2.3)



Figura 2.3 – Célula Fotovoltaica (Silício Policristalino) comum

Podem funcionar como geradoras de energia eléctrica a partir da luz, ou como sensores que medem a intensidade luminosa. A célula fotovoltaica típica é constituída pelos seguintes elementos: grelha e contactos frontais em cobre, que constituem os terminais negativos, pela película anti-reflexo, responsável pela redução da reflexão da radiação incidente sem a qual a célula reflectiria cerca de um terço da radiação, pela camada tipo n que constitui a região negativa da célula, pela camada tipo p que constitui a região positiva da célula e por um contacto metálico localizado na parte posterior da célula, que constitui o terminal positivo. (Castro, 2008)

O esquema na figura 2.4 representa a configuração de uma célula fotovoltaica típica.

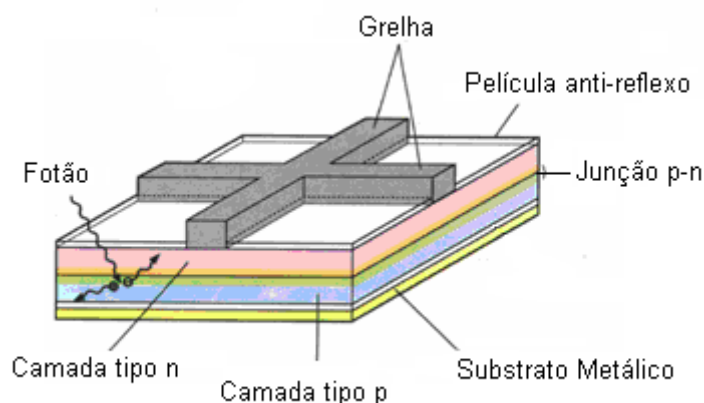


Figura 2.4 – Constituição interna de uma célula fotovoltaica típica (Castro 2008)

Ao longo dos anos têm sido muitos os avanços, quer em materiais como em métodos de fabrico, de forma a melhorar o desempenho e a rentabilidade dos painéis fotovoltaicos, de forma a tornar a tecnologia mais acessível baixando o seu custo por Watt. Actualmente a maioria dos fotovoltaicos comercializados são fabricados utilizando como material semiconductor o silício cristalino, que detém cerca de 90% do mercado, não negligenciando que existem outros tipos de materiais com uma importante expressão no mercado, nomeadamente outros materiais cristalinos e de silício amorfo, distinguindo-se entre eles em termos de eficiência de absorção de luz, eficiência de conversão de energia, processo e tecnologia de fabrico e custo de produção. (Silva e Afonso, 2009)

#### 2.2.1.1. Células de Silício Policristalino

Existem dois processos de produzir células policristalinas, através do molde de silício e através da fita de corda (do inglês *String Ribbon*). No processo através do molde de silício, o silício é derretido e moldado num bloco, que se torna silício cristalino quando arrefecido e é posteriormente serrado para criar “wafers” (pastilhas de espessura reduzida) que serão utilizadas posteriormente nas células. No processo através da fita de corda também é utilizado o silício derretido, que é extraído lentamente numa corda fina de material, ao invés do outro processo onde é moldado nos blocos. Essas cordas de material são então agregadas aos painéis com cordas condutoras de metal, conectando cada corda para formar uma corrente. A vantagem deste processo em relação à moldagem nos blocos, é que elimina a necessidade de serrar as “wafers”, tornando-o menos dispendioso. (Silva e Afonso, 2009)

Durante estes processos os átomos organizam-se em cristais, formando uma estrutura policristalina, com espaço de separação entre os cristais. Essas descontinuidades da estrutura molecular dificultam o movimento de electrões e ajudam a recombinação destes com as lacunas, reduzindo a potência. Com este tipo de material foram já obtidos em laboratório rendimentos de 21%, apesar de em produção industrial esses níveis de rendimento se situarem entre os 11% e os 14%, rendimentos algo baixos quando comparados com os das células de silício monocristalino, contudo o processo de fabrico deste material é mais barato do que o das células monocristalinas. (Morais 2009)

#### 2.2.1.2. Células de Silício Monocristalino

São fabricadas a partir de barras cilíndricas de silício monocristalino, obtidos em fornos especiais. O processo de cristalização é ainda caro e complexo. Existem vários processos para obter a cristalização uniforme do material, com o mais usual actualmente a ser o método de Czochralski, que consiste em fundir os lingotes de silício policristalino através de indução electromagnética, arrefecendo-os depois lentamente, o que conduz à homogeneização do cristal monocristalino de silício para depois ser cortado em “wafers”. A uniformidade da estrutura molecular resultante deste processo é ideal para potenciar o efeito fotovoltaico, o que resulta num melhor rendimento de conversão de energia. Apesar de ter um preço mais elevado que o silício policristalino, este material semiconductor é o mais utilizado actualmente no mercado, essencialmente devido à possibilidade de obter melhores rendimentos, como é demonstrado laboratorialmente com rendimentos de 25% e em produção industrial, com rendimentos entre os 13% e os 14%. (Morais 2009)

#### 2.2.1.3. Células de Silício Amorfo

Também conhecida por tecnologia de filme fino, estas células obtêm-se pela deposição de finas capas de plasma de silício monocristalino sobre vidro, plástico ou outros materiais. Como o silício amorfo absorve a radiação solar de uma forma mais eficiente que o silício cristalino, a película depositada é muito fina permitindo uma poupança considerável a nível de material, tornando o processo de fabrico desta tecnologia ainda inferior ao do silício policristalino. O silício amorfo não possui estrutura cristalina, apresentando defeitos estruturais que à partida tornariam inviável a sua utilização em células fotovoltaicas, dado que esses defeitos propiciavam a recombinação dos pares electrões-lacuna. Ao ser adicionada uma pequena quantidade de hidrogénio a este material, por um processo chamado de hidrogenização, os átomos de hidrogénio combinam-se quimicamente de forma a minimizar os efeitos negativos dos defeitos estruturais. Têm vindo ainda a ser testados outros materiais para o fabrico destas células como o Telureto de Cádmio (CdTe) e o Disseleneto de Cobre Índio (CIS), contudo a sua aplicação é limitada devido à toxicidade ou à raridade dos materiais. Tanto em laboratório como a nível da produção industrial deste semiconductor os rendimentos rondam os 7%. (Castro 2008)

### 2.3. CARACTERÍSTICAS E ASSOCIAÇÕES

Normalmente a potência de uma célula fotovoltaica não excede os 2 Watt, valor manifestamente insuficiente para a maioria das aplicações. Por esse motivo as células são agrupadas em módulos fotovoltaicos, e por sua vez estes agrupam-se em painéis, compostos por múltiplos módulos (Figura 2.5).

Um módulo consiste num conjunto de ramos ligados em paralelo, cada um deles constituído por várias células ligadas em paralelo. A junção de módulos do mesmo tipo em série, paralelo ou mista, permite obter diferentes valores de corrente ou tensão, conforme o tipo de ligação, oferecendo vantagens do ponto de vista do controlo de funcionamento do painel e da produção de energia pelo mesmo. A associação de módulos em série permite obter maiores tensões, mantendo a corrente estipulada no módulo sendo que neste caso é necessário ter atenção à tensão máxima de associação do módulo, que é normalmente especificada pelo fabricante.

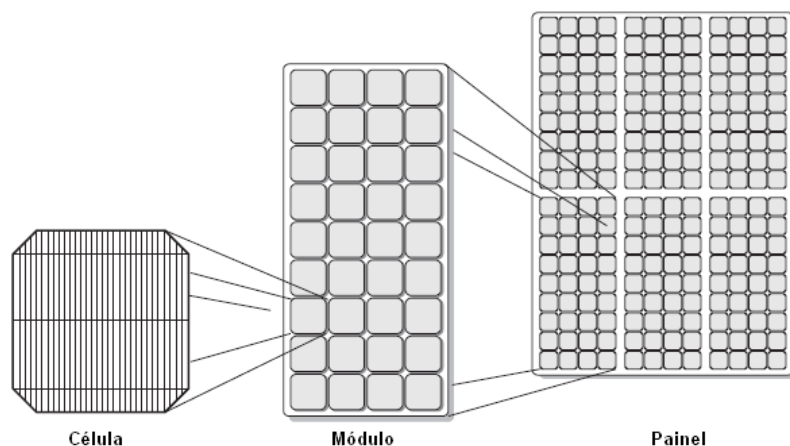


Figura 2.5 – Célula, Módulo e Painel Fotovoltaico (Silva e Afonso, 2009)

O caso contrário, ou seja, a associação dos módulos em paralelo permite obter maiores correntes, mantendo a tensão estipulada no módulo. A associação mista permite unir as vantagens dos dois tipos de associações referidos anteriormente, permitindo obter simultaneamente maiores valores de corrente e tensão. Para prevenir eventuais avarias na associação de módulos em série são normalmente utilizados díodos de desvio em paralelo para desviar a corrente produzida pelos outros módulos, colocando fora de serviço apenas o módulo defeituoso. Em associações em paralelo utilizam-se díodos de fileira para evitar curto-circuitos e correntes inversas. (Morais, 2009)

Na construção dos módulos é necessário também conferir a estes condições que lhes permitam resistir às condições ambientais adversas nos locais onde vão ser instalados. Além da película anti-reflexo os módulos são normalmente encapsulados em outros materiais de revestimento que lhes conferem protecção e resistência, como o EVA (Etileno Acetato de Vinilo) e o vidro, que são alguns dos mais utilizados. Existem vários factores com influência considerável na eficiência do módulo como a temperatura, o vento, a possibilidade de deposição de neve e o sombreamento. O efeito da temperatura reflecte-se na eficiência de produção do módulo, pois com o aumento da temperatura a fonte de corrente mantém-se, mas a tensão diminui, diminuindo também a potência fornecida pelos módulos. O efeito da temperatura faz-se sentir mais nos módulos de silício mono e poli cristalino, não sendo tão importante no caso dos módulos de silício amorfo. No caso de sombreamento de um módulo, ou apenas de uma célula, a fonte de corrente extingue-se, e este elemento passa a comportar-se como uma resistência que é atravessada pela corrente produzida pelos outros módulos, ficando sujeito a uma tensão inversa e provocando o aquecimento do equipamento, que em casos extremos podem até destruir o módulo. Os cuidados a ter quando se prevê a deposição de neve no módulo advêm também deste problema do sombreamento e a forma como se coloca o módulo pode minimizar os seus efeitos. O problema é contrariado através da introdução dos díodos atrás referidos, que cortam a ligação do módulo afectado ao restante sistema, assim se os módulos forem colocados de forma que a deposição de neve no lado inferior do módulo afecte apenas uma fileira, é possível manter rendimentos ainda aceitáveis pois a produção nas outras mantém-se. Quantas mais fileiras forem afectadas, menor será o rendimento do módulo. O vento pode ter uma função importante no arrefecimento dos módulos, melhorando os efeitos da convecção natural. Porém, o vento além de arrefecer os módulos, exerce também uma pressão dinâmica sobre estes que não pode ser descurada. (Morais, 2009)

A eficiência dos sistemas fotovoltaicos está também dependente da localização (latitude), da inclinação e do azimute de orientação dos painéis. É comum utilizarem-se, para pequenos sistemas onde não é viável o estudo e dimensionamento dos painéis, painéis fixos orientados a Sul (no caso do painel se localizar no hemisfério Norte, como é o caso de Portugal). (Morais, 2009) Em Portugal estudos efectuados definem a inclinação para a qual é máxima a energia solar absorvida entre os 50° e 60° no Inverno e entre os 5° e 10° no Verão. Como não é prático nem económico variar a posição dos painéis consoante as estações do ano, recomendam-se inclinações aproximadamente iguais à latitude do local onde se inserem os painéis. (Castro, 2008)

## **2.4. APLICAÇÕES**

As aplicações da energia fornecida por estes sistemas são muito variadas, normalmente subdividindo-se em dois grupos: sistemas isolados e sistemas ligados à rede eléctrica.

Os sistemas isolados podem ser do tipo doméstico ou então constituírem uma pequena rede autónoma, aos quais podem ainda estar associados outras fontes de geração de energia, como fontes eólicas ou de biomassa. Neste sistema as cargas são alimentadas directamente, e o seu dimensionamento deve ser feito de acordo com o mês onde se verifica menor incidência solar, de forma que seja sempre assegurado o fornecimento energético durante qualquer estação do ano. Neste tipo de sistemas as baterias de acumuladores desempenham um papel importante no armazenamento de energia e constituem a reserva energética do sistema. Em instalações domésticas, caso muito comum neste tipo de sistemas, estes são compostos pelos módulos fotovoltaicos, reguladores, inversores e baterias. (Silva e Afonso, 2009)

Os sistemas ligados à rede de distribuição são mais simples e baratos, para potência idênticas, aos sistemas isolados pelo facto de dispensarem as baterias de acumuladores e os reguladores. Este tipo de sistemas contribui para a descentralização da produção eléctrica, pois produz a sua própria energia e encaminha o excedente para a rede. Os sistemas contêm um inversor que está ligado a diversos painéis, servindo de elemento de interface entre o painel e a rede, convertendo a corrente (AC em DC) e sincronizando a corrente de saída do painel com a da rede. (Silva e Afonso, 2009) Face à legislação actual em Portugal, toda a energia produzida por estes sistemas deve ser injectada na rede, portanto o sistema necessitará de dois contadores, um para a injeção na rede e outro para a recepção. (Morais, 2009)



# 3

## SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INTEGRADOS EM EDIFÍCIOS

### 3.1. CONCEITO

Desde o início da sua comercialização a energia eléctrica tem sido fornecida a consumidores residenciais por meio de geração centralizada e complexos sistemas de transmissão e distribuição. Edifícios solares que integram na sua fachada ou cobertura elementos fotovoltaicos são capazes de gerar energia eléctrica junto ao ponto de consumo, exercendo simultaneamente a função de material de revestimento da envolvente do edifício. Sem peças móveis, de manutenção reduzida e não poluentes estes elementos utilizam a energia do Sol, como qualquer outro sistema fotovoltaico, para produzir energia eléctrica, podendo alimentar o edifício onde se inserem ou a rede pública de distribuição. O sector da integração arquitectónica em edifícios tem tido um desenvolvimento muito forte nos últimos anos, assumindo-se como uma tecnologia eficiente quer em edifícios comerciais, residenciais e até industriais. A sua importância e aplicação têm vindo a crescer em todo o mundo, especialmente em países como os Estados Unidos, Japão e Alemanha. (Maycock, 1997)

A primeira vez que módulos fotovoltaicos foram aplicados em habitações data já de 1980, onde estes eram instalados sobre as coberturas, apoiados em estruturas metálicas. Os primeiros produtos destinados à integração arquitectónica em edifícios aparecem no mercado já durante os anos 90. Estes sistemas são materiais concebidos para serem materiais de construção multifuncionais, e portanto desempenharem mais do que uma função na envolvente do edifício, como por exemplo, um sistema de sombreamento fotovoltaico gera energia eléctrica para o edifício, e ao mesmo tempo regula a luminosidade transmitida para o interior do mesmo. Tal como envidraçados convencionais, materiais de revestimento de cobertura como telhas ou de revestimento de fachadas, este tipo de materiais podem ser facilmente integrados na envolvente do edifício. (Eiffert e Kiss, 2000)

O elemento principal de qualquer sistema destinado à integração em edifícios é, tal como nos sistemas fotovoltaicos comuns, o módulo fotovoltaico, responsável pela produção de energia. Os módulos são normalmente encapsulados, laminados em vidro, e fixos a uma moldura, para lhes conferir capacidade resistente que lhes permita uma durabilidade aceitável (normalmente 25 anos) quando expostos aos factores atmosféricos. O restante sistema é composto pelo material de construção onde são fixos os módulos e pelos elementos de controlo do sistema (cablagem, díodos, inversores, baterias, etc.). (Eiffert e Kiss, 2000)

O valor estético e económico deste tipo de sistemas é optimizado quando são concebidos durante as fases preliminares dos projectos. Os produtos devem no mínimo igualar as dimensões, propriedades estruturais, qualidade e tempo de vida dos materiais que irão substituir. Além disso devem ser

considerados outros factores que influenciarão fortemente a eficiência dos sistemas, tais como a incidência solar na estrutura, temperatura e clima locais, possibilidade de sombreamento por edifícios adjacentes ou vegetação e latitude do local, que poderá condicionar a orientação e inclinação do sistema. As necessidades energéticas previstas para o edifício devem ser também tomadas em conta, porque influenciaram no tamanho necessário para instalar um sistema que as satisfaça, com o inconveniente de este tipo de sistemas estar sempre à partida limitado pelas dimensões da superfície da envolvente disponível. O equilíbrio entre a potência necessária e a área de superfície disponível pode determinar o tipo de tecnologia fotovoltaica mais adequada a integrar no edifício, assim se existe uma grande área disponível poderá ser mais vantajoso utilizar tecnologias de filme fino, que ocupam mais espaço e têm menores rendimentos energéticos, com a vantagem de serem mais económicas que sistemas equivalentes compostos por exemplo por tecnologias monocristalinas que utilizariam uma área muito menor para se obter a mesma potência, a troco de um elevado esforço económico. Quando nem toda a área de fachada ou cobertura é utilizada para o sistema e se pretende uma aparência uniforme, os fornecedores podem providenciar painéis falsos ou imitações, de forma a manter um aspecto homogéneo da envolvente. Uma preocupação adicional, aquando da concepção do sistema, é que deve ser garantido o fácil acesso aos materiais e instalação eléctrica para inspecção, reparação e substituição dos componentes. (Eiffert e Kiss, 2000)

A tendência do mercado tem sido a normalização e a comercialização de sistemas pré-dimensionados do tipo chave-na-mão, especialmente quando se trata do sector residencial. (Eiffert e Kiss, 2000) Os produtos destinados à integração podem ser divididos em dois grandes grupos: Sistemas de Fachada e Sombreamento e Sistemas de Cobertura. Nos sistemas de fachada, os materiais estão concebidos para desempenhar funções de protecção do edifício, assim como funções de isolamento térmico e acústico. Os sistemas de sombreamento, também instalados normalmente sobre a fachada, além de produzir energia, regulam a luminosidade para o interior do edifício. Os sistemas de cobertura destinam-se a substituir materiais convencionais de revestimento como telhas, chapas e coberturas de metal, garantindo a impermeabilidade da cobertura.

### **3.2. PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO**

Na área específica de sistemas fotovoltaicos destinados à integração em edifícios, está a ser desenvolvido em Portugal um projecto que merece destaque por ser pioneiro a nível mundial. O projecto denominado Solar Tiles, com um investimento de cerca de 1,7 milhões de euros, está a ser desenvolvido por um consórcio de nove identidades nacionais, entre as quais a Universidade do Minho, Revigrés (promotor) e Dominó, Coelho da Silva, De Viris, Natura e Ambiente, entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional, designadamente o CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, INETI – Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação, CFUM - Centro de Física da Universidade do Minho, CENIMAT – Centro de Investigação em Materiais da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e a ADENE – Agência para a Energia. Liderado pelo Professor Vasco Teixeira do Centro de Física, o projecto de investigação centra-se no desenvolvimento de protótipos funcionais de produtos fotovoltaicos integrados, de elevada eficiência, para o revestimento de edifícios, que incorporem filmes finos, com vista na integração arquitectónica e eco-design dos produtos. (<http://vteixeira.com.sapo.pt>, 05/01/2010)

As principais tarefas ligam-se ao desenvolvimento de camadas espessas cerâmicas nanocompósitas de aderência-ligação / barreira de difusão entre o material base (telha ou fachada cerâmica) e a estrutura multicamada (célula fotovoltaica), a deposição de filmes finos de óxidos semicondutores transparentes por pulverização catódica em magnetron e o encapsulamento da célula solar através de polímeros

especiais e aplicação de filmes finos óxidos compósitos amorfos ou nanocristalinos que confirmam grande resistência à transmissão do vapor de água e oxigénio. (<http://vteixeira.com.sapo.pt>, 05/01/2010)

Têm sido estudados revestimentos óxidos à base de  $ZrO_2$  e  $Al_2O_3$ , devido às suas excelentes propriedades mecânicas, térmicas, ópticas e eléctricas. O dióxido de zircónio ( $ZrO_2$ ) tem um elevado ponto de fusão, alta resistência à oxidação, baixa condutividade térmica, alta dureza e alto coeficiente de expansão térmica e é já amplamente utilizado em muitas aplicações tecnológicas resistentes ao calor, revestimentos ópticos, etc. Devido às suas propriedades ópticas (alto índice de refração, baixa absorção numa ampla região espectral desde quase UV até meados do infra vermelho), propriedades térmicas (baixa condutividade térmica e alto coeficiente de expansão térmica), alta constante dieléctrica, propriedades mecânicas (alta resistência à rotura e resistência ao choque térmico) e propriedades de resistência à corrosão a altas temperaturas, tem várias aplicações científicas e tecnológicas importantes. (<http://vteixeira.com.sapo.pt>, 05/01/2010)

De forma a melhorar o desempenho dos colectores solares térmicos, é de extrema importância o desenvolvimento de superfícies absorventes solares selectivas boas, duráveis e reprodutíveis, para conversão foto térmica. O crómio e o titânio têm sido testados para a produção de filmes finos nanocompósitos cerâmico-metálicos graduados (cermets), com um gradiente de concentração de metal que vai diminuindo do substrato para a superfície do material. Estes filmes são formados por uma camada de cermet rica em metal, uma ou mais camadas de cermet com uma percentagem menor de metais que as anteriores e uma última camada superficial apenas cerâmica, que servirá de camada anti-reflexão. Para filmes à base de crómio, a selectividade óptima do filme atingida foi uma absorção solar de 94% e uma emissão térmica de 6%. Para filmes à base de titânio, a melhor selectividade atingida foi uma absorção solar de 91% e uma emissão térmica de 4%. (<http://vteixeira.com.sapo.pt>, 05/01/2010)

Os revestimentos decorativos geralmente são aplicados em componentes de bronze ou plástico com Ni e Cr normalmente através de um processo electrolítico (electrodeposição). Entre os revestimentos mais procurados estão os revestimentos decorativos cerâmicos rígidos ZrN, TiN, TiAlN, etc. Para a produção actual de revestimentos decorativos PVD (*Physically Vapour Deposited*) são necessários estes dois distintos processos de produção (electrodeposição seguida por PVD). Além deste aspecto, a técnica de electrodeposição utiliza compostos orgânicos voláteis (VOC's) e produz lixos industriais que representam um problema ambiental bastante grave. Este projecto tem o objectivo de substituir os revestimentos electrodepositados aplicando revestimentos PVD que é um processo de deposição amigo do ambiente. Revestimentos finos de Ni, NiCr e Cr em substratos de bronze, vidro e plásticos ABS, depositados por pulverização catódica por magnetron são interessantes para camadas ópticas, decorativas e resistentes à corrosão. O objectivo principal deste projecto de investigação e desenvolvimento é desenvolver revestimentos metálicos decorativos e fornecer também uma inter camada otimizada para desenvolver outros revestimentos rígidos coloridos como revestimentos PVD de TiN, ZrN, TiAlN e TiNxOy. (<http://vteixeira.com.sapo.pt>, 05/01/2010)

### 3.3. SOLUÇÕES COMERCIAIS DISPONÍVEIS

Neste subcapítulo incluem-se uma grande quantidade de soluções comerciais disponíveis actualmente no mercado. O subcapítulo foi organizado por fabricantes, dentro dos quais se lista os produtos disponibilizados pelos mesmos, incluindo-se informação sobre a própria empresa e características mecânicas e eléctricas dos produtos. As potências eléctricas referidas são apresentadas em Wp (Watt Peak, potência de pico do sistema funcionado em corrente contínua, quando irradiado por uma luz

com um espectro similar à luz solar, com uma intensidade de 1000 W por metro quadrado, a uma temperatura ambiente de 25°C) e os dados são fornecidos pelos fabricantes, obtidos segundo condições STC (*Standard Test Conditions*, Radiação Solar = 1000 W/m<sup>2</sup> e temperatura ambiente de 25 °C). (Morais, 2009)

### 3.3.1. SWISS SOLAR SYSTEMS – 3S

A Swiss Solar Systems é uma companhia suíça que produz módulos laminados foto voltaicos do tipo vidro/vidro e vidro/folha, nos quais podem ser incorporados vários tipos de células, também fabricadas pela própria companhia e ainda comercializa sistemas foto voltaicos para integração em fachadas e coberturas. A empresa é uma das líderes tecnológicas no mercado no campo da laminação, processo decisivo para a vida útil de um módulo foto voltaico, possuindo mesmo um processo híbrido patenteado, que combina as vantagens da tecnologia de aquecimento eléctrico com aquecimento a óleo, conferindo maior resistência ao encapsulamento e permitindo uma produção mais rápida. No campo dos sistemas foto voltaicos para integração em edifícios a companhia alia a funcionalidade à estética, produzindo e comercializando módulos sem moldura, que se fundem perfeitamente com os elementos da envolvente, e ao mesmo tempo garantem um bom retorno energético e durabilidade. Existem três tipos de sistemas comercializados pela empresa, diferenciados pelos locais da envolvente para os quais se destinam, nomeadamente o sistema patenteado para coberturas Mega Slate Solar Roof System, o sistema destinado a fachadas 3S Photovoltaic Facade e um sistema de sombreamento, 3S Photovoltaic Glass Laminate with Shading Effect. (<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009)

#### 3.3.1.1. Mega Slate Roof System

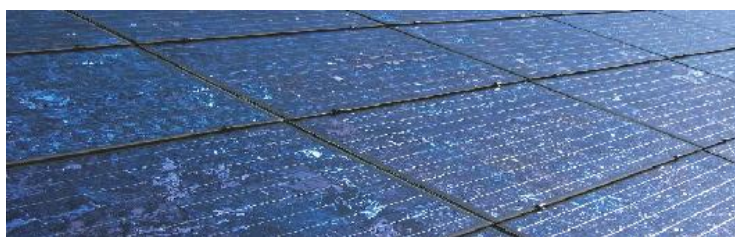


Figura 3.1 – Mega Slate Roof System (<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009)

O Mega Slate Roof System é um sistema que se destina a coberturas com uma inclinação mínima de 20° e com superfície contínua, podendo substituir total ou parcialmente as telhas de uma cobertura tradicional (Figura 3.1). Os módulos foto voltaicos, sem moldura, são colocados por sobreposição da mesma forma que telhas convencionais, através de ganchos de suporte e são também utilizadas secções de plástico reforçado com fibra de vidro que acarretam a dupla função de carris de suporte do sistema e canais de escoamento de águas pluviais. Os módulos com as dimensões de 1320x975 mm, são revestidos por um vidro solar temperado de 6mm e nele podem ser incorporadas células mono ou poli cristalinas, conforme a eficiência pretendida para o sistema. A gama de potências disponíveis vai desde 136 até aproximadamente 150 Wp.

Como projectos de referência para o sistema apresentado, o sistema Mega Slate, para integração em coberturas, foi instalado em 2006 com sucesso numa série de habitações unifamiliares na Alemanha (Figura 3.2). Os painéis de 146 Wp de potência, com células mono cristalinas, são capazes de gerar

uma potência instalada de 8,2 kWp, o que se traduz numa capacidade anual estimada de 7800 kWh/ano. (<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009)



Figura 3.2 – Mega Slate Roof System integrado em habitações unifamiliares (<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009)

### 3.3.1.2. 3S Photovoltaic Facade



Figura 3.3 – 3S Photovoltaic Facade (<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009)

O sistema para fachadas ventiladas da 3S é um sistema com uma aparência homogénea, que diminui ao máximo o sombreamento sobre as células foto voltaicas provocado por outros painéis adjacentes, através da integração de painéis de medidas padronizadas ou feitos por medida, permitindo uma concepção e desenho da fachada no qual é possível ocupar toda a área disponível devido a adaptação dos blocos à geometria da fachada (Figura 3.3). O sistema é disponibilizado com dois sistemas de fixação disponíveis e as caixas de ligação e os cabos estão ocultos sob os módulos de forma a proporcionar uma melhor integração na fachada. Dependendo da altura do edifício, o sistema pode ser montado no local através de placas, ponto a ponto, se o edifício for de pequenas dimensões, ou através

de perfis de suspensão que são colados à face anterior do painel, e depois fixos à estrutura da fachada através de braçadeiras. Para edifícios com uma cêrcea pequena os módulos são do tipo vidro/folha, em que o vidro de revestimento é do tipo laminado de segurança, com espessuras desde os 6 aos 8mm. Para edifícios cuja cêrcea ultrapassa os 8m, os painéis passam a ser do tipo vidro/vidro, com o mesmo tipo de vidro incorporado. Os painéis são comercializados nas dimensões especificadas pelo projectista, até um máximo de 3,5x2,0 m. As células podem ser mono ou poli cristalinas, e estão disponíveis em várias colorações ou até em versões semi-transparentes, com o módulo a atingir potências até aos 420 Wp. (<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009)



Figura 3.4 – 3S Fotovoltaic Facade integrado em edifícios de habitação multifamiliares (<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009)

Em St. Moritz, Suíça, em Outubro de 2006, foi instalado um sistema foto voltaico numa fachada em cortina ventilada, num edifício de habitação multifamiliar (Figura 3.4). Os painéis são do tipo vidro/folha, com vidro temperado de segurança de 6mm na face posterior e folha de antracite na face anterior do painel, com células mono cristalinas de elevada eficiência incorporadas. A capacidade instalada ascende aos 22,5 kWp, com uma previsão de produção 21500 kWh/ano de energia. (<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009)

### 3.3.1.3. 3S Photovoltaic with Glass Laminate

O sistema de sombreamento apresentado na Figura 3.5, é composto por painéis laminados semi-transparentes com a dupla funcionalidade de gerar energia eléctrica e sombreamento do edifício. A distância entre células pode ser individualmente seleccionada, com influência directa no efeito de translucidez, na sombra e na protecção térmica.



Figura 3.5 – 3S Photovoltaic with Glass Laminate (<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009)

Os painéis comercializados para este sistema possuem características em tudo semelhantes ao sistema de fachada da empresa (até 420 Wp de potência, revestidos a vidro laminado de segurança de 6mm e dimensões máximas de 3,5x2,0 m) diferenciando-se obviamente no tipo de células utilizados, que permite conferir o efeito de transparência e, no sistema de montagem, que permite diferenciar o campo da aplicação do sistema. Este sistema está desenhado para ser montado sem dificuldades em locais pré destinados a envidraçados e possui dois sistemas de montagem distintos: montagem pontual, onde o painel é preparado para o sistema de fixação desejado no local, por exemplo, através de furos em locais específicos do painel que o permitirão fixar aos perfis, ou preparados para caixilhos, onde as dimensões e resistência do painel são ajustados de forma a obedecer à regulamentação para envidraçados, ou seja, tal como foi dito o painel pode ser instalado como se de um vidro se tratasse. Assim sendo o campo de aplicação deste sistema estende-se a marquises, varandas, jardins de inverno, fachadas de vidro para isolamento térmico, etc. (<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009)

Por fim destaca-se o Centre for Water Education, em Los Angeles, nos Estados Unidos da América onde foi utilizado o sistema de sombreamento da 3S na cobertura de um corredor exterior (Figura 3.6). Os 114 módulos laminados do tipo vidro/vidro, de 375 Wp de potência cada, incorporam células poli cristalinas, semitransparentes e geram uma capacidade instalada de 42,75 kWp. (<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009)

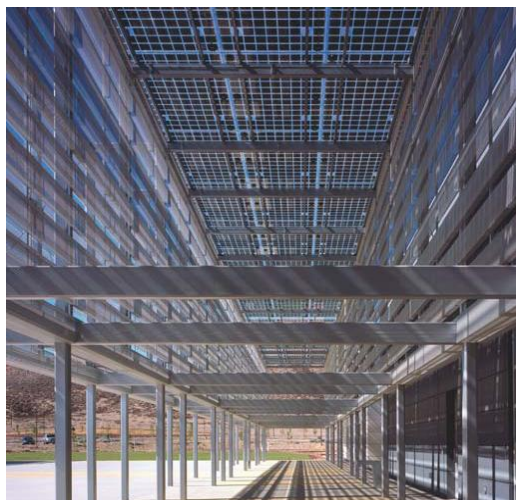


Figura 3.6 – Átrio do Centre for Water Education, Los Angeles (<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009)

### 3.3.2. ALWITRA

Fundada em 1964, a Alwitra é uma companhia alemã com forte expressão no mercado europeu, especializada na produção e desenvolvimento de sistemas de revestimento para coberturas planas. A gama de produtos da empresa contém folhas de metal, grelhas para sistemas de ventilação, caleiras e revestimentos plásticos para os mais variados pormenores. (<http://www.alwitra.co.uk>, 15/12/2009)



Figura 3.7 – Membrana Evalon Solar (<http://www.alwitra.co.uk>, 15/15/2009)

A membrana Evalon Solar é um painel flexível e impermeável de dobra única composto pela membrana Evalon V e um módulo fotovoltaico integrado, concebido para o revestimento de coberturas inclinadas planas, ventiladas ou não (figura 3.7). O sistema destina-se ao revestimento de coberturas planas não acessíveis, ou onde não se preveja o tráfego de pessoas de forma permanente devendo ser instalado preferencialmente na zona central da cobertura, onde está sujeita a menores tensões provocadas pelo vento e nunca na zona de pormenores como clarabóias ou outras reentrâncias. A instalação é feita de igual forma a outras membranas de dobra única convencionais, ou seja, as tiras são colocadas de forma livre na cobertura e fixas mecanicamente. Os cabos de ligação são instalados sob a membrana, posteriormente perfurando a camada de suporte e outras camadas funcionais sob a membrana. A membrana é composta pelas células (240x340 mm) de tecnologia de filme fino em silício amorfo produzidas pela United Solar Ovonic, com tecnologia de tripla junção única da empresa que permite a geração de energia solar mesmo em condições de luz difusa. A membrana consiste numa liga de EVA (Etileno Acetato de Vinilo) e PVC (Cloro de Polivinila), materiais com características comprovadas de resistência, durabilidade e impermeabilidade e é ainda revestida na face de apoio por uma camada em poliéster. O sistema é comercializado em vários tamanhos desde 3,36x1,05 m até 6x1,55m, todos com espessuras de aproximadamente 1mm, numa gama de potências desde os 136 aos 408 Wp. Estas membranas foram incluídas no Learning Centre, em Jena, Alemanha (Figura 3.8). (<http://www.alwitra.co.uk>, 15/12/2009)



Figura 3.8 – Learning Centre, Jena (<http://www.alwitra.co.uk>, 15/15/2009)

### 3.3.3. ATLANTIS ENERGY SYSTEMS

A Atlantis Energy Systems é uma companhia sediada nos Estados Unidos da América, fundada em 2002, que actua dentro da área dos sistemas fotovoltaicos integrados em edifícios. A companhia comercializa o sistema Sunslate e o sistema Megalate, desenhados para serem integrados em coberturas tradicionais inclinadas e se fundirem perfeitamente com telhas convencionais. (<http://www.atlantisenergy.com>, 16/12/2009)

#### 3.3.3.1. Sunslates

O sistema Sunslates consiste em laminados fotovoltaicos unidos permanentemente a telhas convencionais do tipo Eternit e destina-se a coberturas tradicionais inclinadas (no mínimo 18°), principalmente vocacionado para a integração em telhados de habitações unifamiliares (Figura 3.9).



Figura 3.9 – Sunslates (<http://www.atlantisenergy.com>, 16/12/2009)

A típica instalação do sistema consiste em 216 módulos foto voltaicos, o que representa sensivelmente uma área de cerca de 30m<sup>2</sup> de telhado. O sistema de montagem dispensa aparelhos de fixação adicionais já que os módulos são fixos ao telhado através de ganchos ligados a uma matriz de toros de madeira, que por sua vez são pregados directamente na estrutura da cobertura. Além de fixarem os módulos ao telhado estes toros permitem a criação de uma pequena caixa-de-ar entre os módulos e a estrutura de forma a seja garantida a circulação de ar para arrefecer os módulos, ajudando a manter o seu desempenho. Os módulos são comercializados em dois tamanhos distintos, 320x400 mm e 370x500mm. Cada módulo possui duas filas de 3 células quadradas mono cristalinas de cor preta ligadas em série, de 125mm de lado no módulo de menores dimensões, e 156mm de lado no módulo de maiores dimensões. Os módulos maiores são capazes de uma produção de 19 Wp enquanto os de menores dimensões têm apenas 13 Wp de potência. (<http://www.atlantisenergy.com>, 16/12/2009)



Figura 3.10 – Habitação Unifamiliar, Illinois (<http://www.atlantisenergy.com>, 16/12/2009)

Em Illinois, nos Estados Unidos da América, o sistema Sunslates revestiu a cobertura inclinada de uma habitação uni familiar (Figura 3.10). Foram instalados 480 módulos de 13 Wp de potência cada um, conferindo ao sistema uma capacidade total de 6,38 kWp. (<http://www.atlantisenergy.com>, 16/12/2009)

### 3.3.3.2. Megaslates

O sistema Megaslates consiste em módulos foto voltaicos de vidro laminado, de 1320x1000 mm, sem armação de suporte, destinados à integração em coberturas inclinadas tradicionais, a partir dos 14° de inclinação (Figura 3.11). (<http://www.atlantisenergy.com>, 16/12/2009)



Figura 3.11 – MegaSlates (<http://www.atlantisenergy.com>, 16/12/2009)

A instalação do sistema, ao contrário de outros materiais de revestimento tradicionais, deve ser feita do topo para o beiral do telhado, na qual os módulos são fixos a carris de suporte e a toros de madeira que suportam o seu peso e permitem a sua elevação de forma a criar um espaço para a circulação de ar que permite o arrefecimento dos painéis, e consequentemente, ajudam a manter a temperatura dos mesmos e portanto a assegurar o seu rendimento. Os carris de suporte são revestidos a materiais de

borracha, sendo também responsáveis pelo escoamento das águas pluviais, assegurando a impermeabilidade do sistema. Os módulos são comercializados em quaisquer quantidades especificadas, consoante a área de telhado disponível. As células dos módulos podem ser mono ou poli cristalinas dependendo da potência desejada, situando-se a gama de potências disponíveis entre os 130 e os 150 Wp. (<http://www.atlantisenergy.com>, 16/12/2009)

#### 3.3.4. COLT SHADOVOLTAIC SHADING SYSTEM

A Colt International Ltd é uma companhia baseada no Reino Unido, presente em mais de 75 países a nível mundial, desenhando e comercializando produtos e serviços para a indústria da construção. As actividades nucleares da Colt International Ltd centram-se em sistemas de controlo climático, ventilação, sombreamento solar e controlo de fumo. (<http://www.coltinfo.co.uk/>, 16/12/2009)

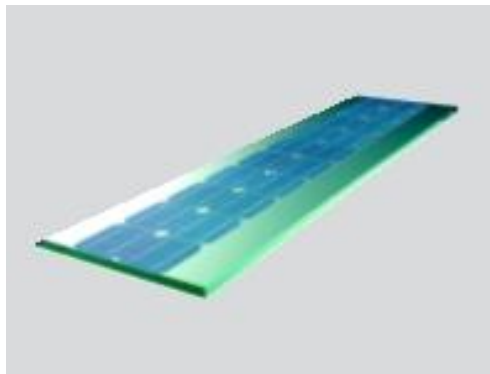


Figura 3.12 – Colt Shadovoltaic Shading System (<http://www.coltinfo.co.uk/>, 16/12/2009)

O Shadovoltaic Shading System da Colt é um sistema de sombreamento solar externo fixo ou controlável que pode ser instalado vertical ou horizontalmente na frente da fachada (Figura 3.12), e permite também a geração de energia eléctrica através de células voltaicas incorporadas no vidro. Este sistema permite reduzir os ganhos de calor solar, reduzir os custos com ar condicionado e diminuir o brilho solar e ao mesmo tempo maximizar o uso luz natural. Os sistemas são operados por actuadores lineares que têm a capacidade de controlar fachadas completas. As grelhas de vidro estão disponíveis em várias cores, acabamentos de superfície e revestimentos conforme os requisitos específicos de design. Os componentes principais de apoio e controlo são fabricados em alumínio e aço inoxidável. Os painéis são de vidro temperado com os bordos tratados de forma a remover as tensões e estão disponíveis em espessuras entre 8mm e 16mm no máximo. Há dois tipos de células fotovoltaicas disponíveis, monocristalinas e policristalinas, com a possibilidade de estas poderem ser integradas no vidro, quer laminadas no lado inferior do vidro ou entre duas camadas de vidro de segurança. O sistema tem dois tipos de configurações, uma vocacionada para grandes vãos que incorpora um tubo central de torção em alumínio ao longo de todo o comprimento do envidraçado, ideal para fachadas contínuas e coberturas. Nesta variante os painéis envidraçados são fabricados até às dimensões máximas de 3000x500 mm e são fixos a suportes de alumínio que por sua vez estão ligados ao tubo de torção que suporta o painel. A outra variante destina-se a grandes áreas, com actuadores eléctricos instalados horizontalmente que permitem a rotação dos painéis envidraçados. As dimensões máximas

dos módulos neste sistema de fixação são de 2000x500 mm. A potência do sistema é especificada para cada projecto individualmente. (<http://www.coltinfo.co.uk/>, 16/12/2009)



Figura 3.13 – Escritórios da SBL, Linz (<http://www.coltinfo.co.uk/>, 16/12/2009)

O edifício de escritórios da SBL em Linz, Áustria, foi equipado com este sistema de sombreamento da Colt (Figura 3.13). Treze painéis envidraçados foram instalados em todos os quatro andares, numa área de cerca de 250 m<sup>2</sup>, produzindo 15,900 kWh/ano. Este valor representa mais de 40% das necessidades energéticas do edifício. Um aspecto inovador neste caso em particular é a capacidade do sistema, de forma completamente autónoma, se direccionar de forma a estar sempre voltado na direcção do Sol. (<http://www.coltinfo.co.uk/>, 16/12/2009)

### 3.3.5. CREATIVE SOLAR SYSTEMS

A Creative Solar Systems é uma companhia baseada na Alemanha que comercializa os módulos fotovoltaicos Solar Roof Stone, que se assemelham a telhas convencionais, e que portanto se destinam à integração arquitectónica em coberturas inclinadas tradicionais graças à sua adaptação de cor e forma a vários tipos de telha (Figura 3.14). (<http://www.creative-solar-systems.com>, 16/12/2009)






A instalação pode ser efectuada em coberturas com uma inclinação superior a 22°, sendo o sistema de montagem equiparável ao de qualquer telha cerâmica comum, sem a necessidade de quaisquer elementos de fixação adicionais como parafusos ou fechos mecânicos, salvo em zonas onde se preveja a acumulação de neve na cobertura, caso no qual as telhas devem ser fixas adicionalmente com ganchos de segurança à estrutura da cobertura. (<http://www.creative-solar-systems.com>, 16/12/2009)



Figura 3.14 – Solar Roof Stone (<http://www.creative-solar-systems.com>, 16/12/2009)

Os módulos são compostos pelo material compósito ao qual são unidas as células foto voltaicas revestidas por um vidro de segurança de baixa reflectividade com espessura de 3,2mm. O módulo é composto por células mono cristalinas de alta eficiência, com potências disponíveis desde os 40 aos 53 Wp e eficiências a rondar os 14,5%, dependendo das condições do local de instalação. As dimensões dos módulos variam entre o tamanho de 4 a 6 telhas convencionais, e estão disponíveis em vários modelos tradicionalmente comercializados no mercado Europeu (Quadro 3.1). (<http://www.creative-solar-systems.com>, 16/12/2009)

Quadro 3.1 – Modelos Comerciais da Solar Roof Stone (<http://www.creative-solar-systems.com>, 16/12/2009)

Modelo	Referência / Dimensões
	D4 – FrPf Altura: 340 mm Largura: 1200 mm
	D6 – Z12 Altura: 345 mm Largura: 1204 mm
	D6 – E58 Altura: 340 mm Largura: 1198 mm
	D4 – Tg Altura: 345 mm Largura: 1200 mm
	D4 – TnPf Altura: 340 mm Largura: 1200 mm

Este sistema foi instalado em 2003 na cobertura inclinada de 72 m<sup>2</sup>, voltada a Sul, de uma habitação unifamiliar em Dusseldorf, Alemanha (Figura 3.15). O sistema foi adicionado posteriormente à

construção da habitação, numa operação de remodelação da cobertura. Foram instalados 104 módulos, do tipo D4 – FrPf, em duas plantas separadas, gerando uma potência de 4,732 kWp. (<http://www.creative-solar-systems.com>, 16/12/2009)



Figura 3.15 – Habitação unifamiliar, Dusseldorf (<http://www.creative-solar-systems.com>, 16/12/2009)

### 3.3.6. IMERYS

A Imerys é uma empresa baseada em França, com presença no mercado europeu, centrada em actividades no sector da pigmentação, materiais de construção, produtos refractários e cerâmica. No sector dos materiais de construção, a gama de produção da empresa inclui azulejos em terracota, tijolos, chaminés e uma vasta oferta de produtos destinados ao revestimento de coberturas, também produzidos a partir de terracota. Mais recentemente a Imerys associou-se à EDF Energies Nouvelles Réparties, especialistas em energias renováveis, de forma a criar uma gama de produtos fotovoltaicos destinados à integração arquitectónica, de onde surgiu a Tuile Photovoltaic (Figura 3.16). (<http://www.imerys-toiture.com>, 16/12/2009)



Figura 3.16 – Tuile Photovoltaic (<http://www.imerys-toiture.com>, 16/12/2009)

A Tuile Photovoltaic é, como o nome indica, uma telha fotovoltaica destinada ao revestimento de coberturas tradicionais inclinadas, vocacionada especialmente para edifícios unifamiliares. O sistema integra-se perfeitamente com vários modelos convencionais de telhas, contudo foi desenhado para se integrar especificamente com os modelos da empresa, já que a telha utiliza como substrato as telhas convencionais da Imerys, às quais são fixos módulos fotovoltaicos laminados por vidro. A montagem destas telhas é feita directamente sobre os toros de madeira da estrutura da cobertura através de quatro parafusos inox, sem a necessidade de sistemas adicionais de fixação. A inclinação óptima da cobertura para garantir que se obtém o máximo rendimento energético são 30°, contudo o sistema pode ser facilmente instalado em coberturas com inclinações mínimas de 11°. As células contidas em cada módulo são do tipo policristalino, revestidas pelo interior por uma camada de Tedlar (ou PVF - Fluoreto de Polivinil) de cor preta e pelo exterior por vidro temperado de segurança, assegurando ao módulo potências na ordem dos 55 Wp. Na telha existe uma cavidade que garante a circulação de ar junto às células fotovoltaicas, permitindo assim o seu arrefecimento e maximizando o seu rendimento energético. Existem dois tipos de instalação disponíveis para o sistema, que se distinguem entre si essencialmente pela sua capacidade de produção. Assim existe uma instalação que recobre 18 m<sup>2</sup> da cobertura, utilizando trinta e seis módulos, com uma potência máxima instalada de 1980 Wp. A segunda configuração disponível, mais potente, utiliza cinquenta e quatro módulos para revestir uma área de 27 m<sup>2</sup> de cobertura, caracterizada por uma potência máxima de 2970 Wp. (<http://www.imerys-toiture.com>, 16/12/2009)

### 3.3.7. CORUS BAUSYSTEME

A Corus Bausysteme é uma companhia multinacional sediada na Alemanha, com representatividade na Europa Continental, América do Norte, Médio e próximo Oriente. A principal área de actividade da companhia é a produção e venda de soluções metálicas para revestimento de edifícios, nomeadamente chapas, painéis, cofragens e estruturas ligeiras. A companhia introduziu no mercado em 1968 a marca registada Kalzip, um sistema de revestimento de coberturas ou fachadas em alumínio, de junta engatilhada, que permite uma grande liberdade de desenho devido às inúmeras configurações possíveis do sistema e à flexibilidade do material. (<http://www.kalzip.com>, 16/12/2009)



Figura 3.17 – Kalzip AluPlus Solar (<http://www.kalzip.com>, 16/12/2009)

O Kalzip AluPlus Solar é um sistema perfilado de revestimento de coberturas ou fachadas, onde os laminados solares flexíveis de película fina são unidos permanentemente às bandejas de alumínio directamente sobre a estrutura da envolvente sem que haja a necessidade da instalação de elementos de fixação adicionais. Graças à flexibilidade dos materiais utilizados é possível a construção de coberturas curvas, em shed ou coberturas de uma só água, ou outras formas complexas, como curvaturas convexas ou superfícies cónicas, desde uma pendente mínima de 3° até 60° de inclinação (no caso de coberturas). O sistema está apto para ser utilizado como cobertura isolante ou não isolante e possui um sistema de auto limpeza, diminuindo drasticamente a necessidade de manutenção. Os módulos provenientes da United Solar Ovonic utilizam tecnologia de filme fino em silício amorfo, e são comercializados em dois comprimentos distintos, 2,85m e 5,50m, e em duas gamas de potência respectivamente diferentes, 68W e 136W, no qual as células utilizam a tecnologia de tripla junção que permite o funcionamento em condições de luz difusa, o que se traduz num período de funcionamento mais alargado comparativamente às células cristalinas vulgares. Através de um circuito de derivação de grelha estreita, incorporado nos módulos, estes revelam maior tolerância à sombra que os módulos cristalinos. Os perfis de alumínio têm uma espessura de chapa de 1mm e acabamento superficial lacado, com outras cores disponíveis mediante pedidos específicos. Este sistema da Kalzip foi utilizado em Bretten, Alemanha para a construção da Schiller School, uma escola pública, onde na cobertura curva do edifício foram instalados estes perfis flexíveis com módulos foto voltaicos e também painéis solares convencionais de montagem directa (Figura 3.18). (<http://www.kalzip.com>, 16/12/2009)

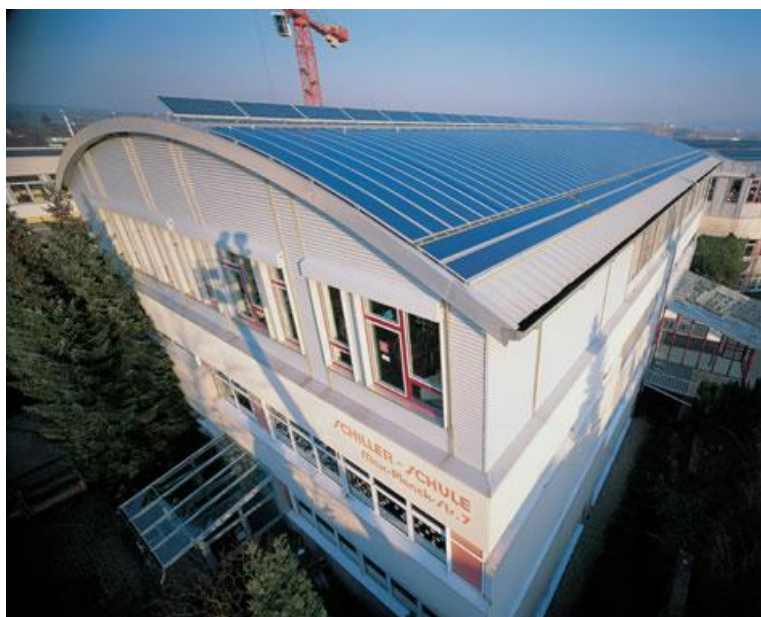


Figura 3.18 – Schiller School, Bretten (<http://www.kalzip.com>, 16/12/2009)

### 3.3.8. POWERQUANT

A Powerquant é uma pequena empresa austríaca, que produz módulos fotovoltaicos com um inovador design, destinado a aliar um visual esteticamente apelativo, para a integração em fachadas, com elevadas potências eléctricas. (<http://www.powerquant.com>, 17/12/2009)

Os módulos PQ-120D são montados a partir de uma estrutura de alumínio anodizado, revestidos na face frontal por vidro temperado de segurança de 4mm e na face anterior por Tedlar, material com

baixa permissividade ao vapor e boa resistência contra agente químicos. Os módulos são comercializados nas dimensões de 990x990 mm, com cada um contendo trinta e seis células de silício policristalino, com um eléctrodo na face frontal (Figura 3.19). (<http://www.powerquant.com>, 17/12/2009)

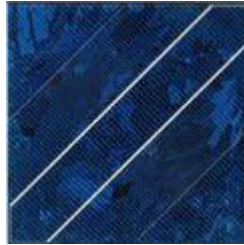


Figura 3.19 – Célula fotovoltaica com eléctrodo (<http://www.powerquant.com>, 17/12/2009)

Esses eléctrodos, de desenho diagonal, são os responsáveis pelos padrões visíveis no módulo, e é ainda possível modificar a sua coloração alternando entre dourado, prateado, cobre e vermelho. Cada célula, com o eléctrodo na posição diagonal, pode colocada no módulo em duas orientações distintas, oferecendo uma variedade infindável de desenhos, sem alterar as propriedades eléctricas do módulo. Cada módulo tem uma potência de 120 Wp. A empresa possui uma produção constante de seis tipos de padrões diferentes que se ilustram na Figura 3.20, contudo podem ser fabricados diferentes padrões, conforme as especificações do cliente, sendo até possível o download de um programa no endereço Web da empresa, para o próprio cliente desenhar os padrões desejados. (<http://www.powerquant.com>, 17/12/2009)

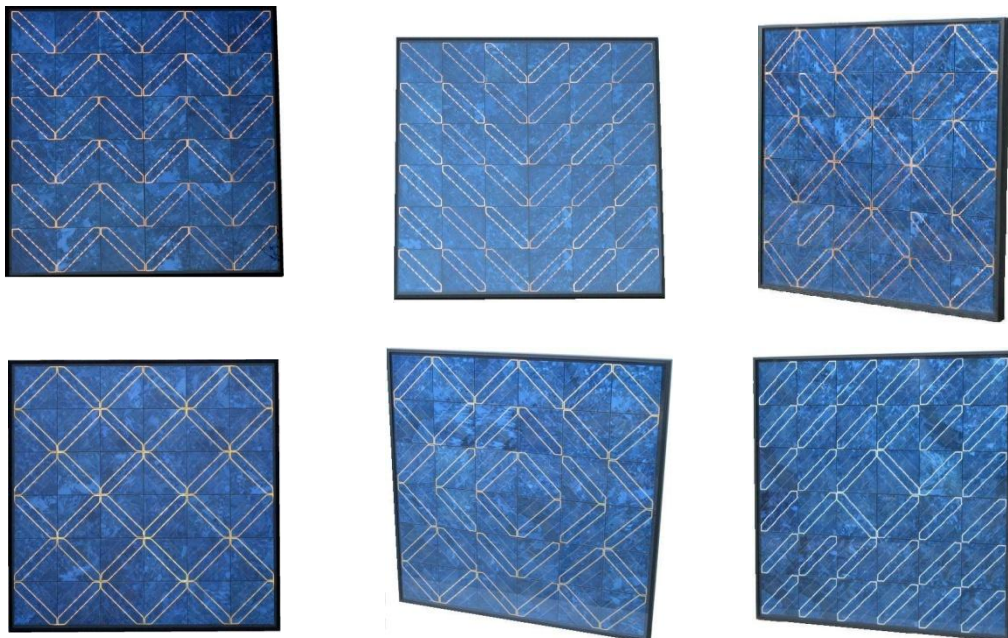


Figura 3.20 – Modelos do módulo PQ-120D (<http://www.powerquant.com>, 17/12/2009)

### 3.3.9. PV SOLAR ENERGY

A PV Solar Energy é uma companhia independente baseada em Sidney, Austrália. A companhia comercializa um sistema de montagem denominado PV Solar Tile (Figura 3.21), patenteado para coberturas tradicionais de habitações unifamiliares, onde é possível incorporar vários tipos de laminados foto voltaicos, directamente sobre a estrutura, através da utilização de perfis metálicos. (<http://www.pvsolar.com.au>, 17/12/2009)

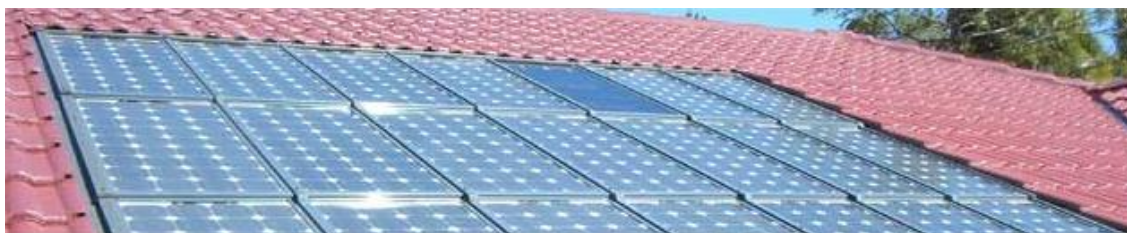


Figura 3.21 – PV Solar Tile (<http://www.pvsolar.com.au>, 17/12/2009)

O sistema de montagem permite a integração parcial em coberturas tradicionais, e está adaptado de forma a poder acomodar vários tipos de laminados fotovoltaicos. O sistema de montagem consiste em toros de madeira que são acoplados às traves do telhado sobre os quais serão montados os painéis, de forma a permitir uma pequena elevação dos painéis para a circulação de ar, facilitando o arrefecimento dos painéis. Na assemblagem é até sugerido que seja designado um espaço entre os painéis para uma conduta de ventilação, anteriormente à instalação dos painéis. Os painéis são depois aparafusados aos toros de madeira e os espaços entre eles preenchidos com perfis de alumínio e selados com silicone. Os painéis são laminados de vidro temperado cercados por uma moldura em plástico reforçado. Embora vários tipos de células possam ser incorporadas, a companhia comercializa soluções pré definidas, que vão desde os 75Wp de potência até aos 185Wp, conforme as dimensões desejadas para o painel. As dimensões vão desde os 1250x1215 mm até aos 1634x1600 mm. (<http://www.pvsolar.com.au>, 17/12/2009)



Figura 3.22 – Vista interior da cobertura de uma habitação em Surrey Hills (<http://www.pvsolar.com.au>, 17/12/2009)

Em Surrey Hills, Austrália, o sistema foi instalado na cobertura de uma habitação unifamiliar, assim como um sistema de recuperação de calor que utiliza o ar frio para o arrefecimento dos painéis e

aproveita o calor residual para o aquecimento das divisões da habitação (Figura 3.22). Este sistema é adicional ao sistema de montagem dos painéis, sendo que o objectivo é conseguido através da instalação de condutas e ventiladores na cobertura. (<http://www.pvsolar.com.au>, 17/12/2009)

### 3.3.10. RHEINZINK

A Rheinzink é uma companhia sediada na Alemanha, fundada pelo grupo Grillo Stolberg Zinc em 1969, actualmente com representatividade em 30 países diferentes espalhados por todo o mundo, na Europa, Ásia, Austrália e América. Esta empresa detém a patente de uma liga de zinco de elevado grau de pureza que utiliza para a comercialização dos seus sistemas de construção em zinco para coberturas, fachadas e sistemas de drenagem, entre outros. Um dos objectivos desta empresa define-se pela criação de produtos economicamente e ambientalmente sustentáveis, com o menor impacto possível no ambiente possível durante o seu ciclo de vida. Assim, na gama de produtos comercializados pela empresa, é possível encontrar sistemas fotovoltaicos para a integração em fachadas ou coberturas, como é o caso do Solar PV Standing Seam ou do Quick Step Solar PV. (<http://www.rheinzink.co.uk>, 17/12/2009)

#### 3.3.10.1. Solar PV Standing Seam

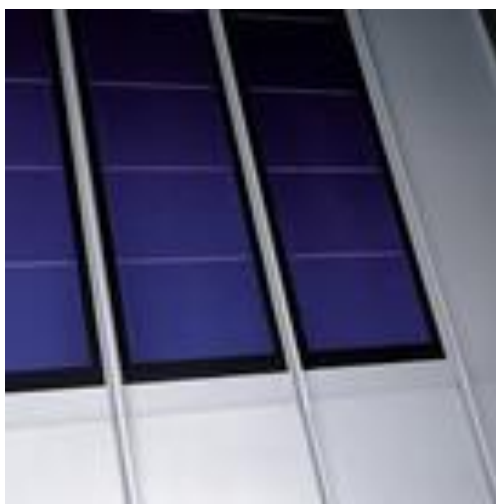


Figura 3.23 – Solar PV Standing Seam (<http://www.rheinzink.co.uk>, 17/12/2009)

O Solar PV Standing Seam (Figura 3.23) é um sistema de junção vertical destinado a fachadas ou coberturas, onde os módulos solares de filme fino são fixos aos painéis metálicos da Rheinzink individualmente através de um produto adesivo de alta durabilidade em toda a superfície dos perfis, o que confere ao sistema uma melhor resistência térmica e à humidade. Os perfis podem ser montados no local da envolvente a que se destinam, sem a instalação de elementos de fixação adicionais, dispondo de dois sistemas de montagem distintos, conforme a pendente do local onde vão ser colocados. Assim, o sistema de dupla junção pode ser utilizado em pendentes a partir de 3°, no qual os perfis são fixos directamente a ambas as secções adjacentes, além de fixos à estrutura. O outro sistema de junção angular é recomendado para inclinações superiores a 25°. Os módulos integram células solares de filme fino em silício amorfo da United Solar Ovonic, com a tecnologia de tripla junção que

permite a conversão de energia em condições de luz difusa, permitindo ao sistema um rendimento aceitável mesmo em condições mais desfavoráveis. Os perfis de dimensões 430x4000 mm incorporam os módulos referidos de 394x2848 mm e 64 Wp. (<http://www.rheinzink.co.uk>, 17/12/2009)

### 3.3.10.2. Quick Step Solar PV



Figura 3.24 – Quick Step Solar PV (<http://www.rheinzink.co.uk>, 17/12/2009)

O Quick Step Solar PV (Figura 3.24) é um melhoramento ao sistema de coberturas Quick Step já existente, ao qual foi dotada a capacidade de produção energética através da união com módulos fotovoltaicos, destinando-se à aplicação em coberturas desde os 10° aos 75° de inclinação. Os perfis de 0,8 mm são montados directamente na estrutura através de ganchos e toros de madeira, que permanecem ocultos sob os perfis. Os módulos fotovoltaicos são solidarizados aos painéis metálicos e ao laminado em vidro através de um produto adesivo translúcido, com excelente resistência ao calor e à humidade, com a função de ligação e também de protecção contra os agentes climatéricos. Cada módulo de dimensões 2000x365 mm, é composto pelos perfis metálicos e encapsulado em laminado de vidro, encerrando em si células cristalinas de 125x125 mm cada, com uma potência de 63 W. (<http://www.rheinzink.co.uk>, 17/12/2009)

### 3.3.11. ROMAG

A empresa Romag, sediada no Reino Unido, é uma fabricante de vidro especializada em vários segmentos de mercado como vidro de segurança, vidro arquitectónico e sistemas fotovoltaicos. As actividades nucleares da empresa passam pela produção de vidro laminado, vidro temperado de segurança, vidro curvo e painéis foto voltaicos. Mais especificamente no sector da construção, a gama de produtos comercializados pela empresa inclui painéis de vidro para fachadas e coberturas, vidros para efeitos de sombreamento e vidros fotovoltaicos. Todos os produtos fotovoltaicos da Romag são referidos sob o nome colectivo Powerglaz. (<http://www.romag.co.uk>, 17/12/2009)



Figura 3.25 – Painéis Powerglaz (<http://www.romag.co.uk>, 17/12/2009)

Os painéis fotovoltaicos Powerglaz (Figura 3.25) substituem o vidro convencional na envolvente do edifício e até outros materiais fotovoltaicos de revestimento laminados do tipo vidro/vidro. Este vidro fotovoltaico pode ser integrado em envidraçados verticais, envidraçados inclinados, clarabóias e até coberturas envidraçadas. O sistema pode ser concebido em vidro simples ou duplo. As células são laminadas entre duas camadas de vidro temperado de segurança, no qual a camada exterior é uma camada com baixo teor em ferro, o que melhora a transmissão de luz para a célula e portanto maximiza a sua eficiência e a camada interior pode ser virtualmente qualquer tipo de vidro, desde decorativo a colorido ou outro qualquer desenho específico. As células estão disponíveis nas dimensões 125x125 mm e 156x156 mm e em dois tipos de tecnologias, mono ou poli cristalina, e, especificando o afastamento das células é possível controlar a quantidade de luz visível que é transmitida para o interior do edifício. Os painéis são fabricados em dimensões especificadas pelo projectista, até às dimensões máximas de 4000x2200 mm, e numa espessura mínima de 9,5 mm. A potência e outros dados eléctricos são calculados especificamente para cada projecto. Na Câmara Municipal de Londres, no Reino Unido (Figura 3.26), 617 painéis com o sistema Powerglaz revestem a complexa cobertura do edifício. No bordo da cobertura, existe uma membrana de sombreamento (Figura 3.27), a qual foi dotada também de propriedades fotovoltaicas, utilizando o mesmo sistema, contudo numa configuração diferente. (<http://www.romag.co.uk>, 17/12/2009)



Figura 3.26 – Câmara Municipal de Londres (<http://www.romag.co.uk>, 17/12/2009)

A maioria dos painéis instalados na cobertura são de forma trapezoidal, sem qualquer tipo de moldura, e produzidos em nove formas diferentes, de maneira a ser possível reproduzir a superfície irregular da cobertura. Os painéis são revestidos por uma película de cor preta na face anterior, contudo nos locais onde estavam previstas clarabóias, foi colocado um revestimento transparente de forma a manter a funcionalidade desses elementos. (<http://www.romag.co.uk>, 17/12/2009)



Figura 3.27 – Membrana de Sombreamento na ligação fachada cobertura da Câmara Municipal de Londres  
(<http://www.romag.co.uk>, 17/12/2009)

Na membrana de sombreamento foram instalados 46 painéis do tipo vidro/vidro, com dimensões aproximadas de 2000x3000 mm, com maior afastamento entre as células fotovoltaicas de modo a permitir uma maior admissão de luz. A área total de células fotovoltaicas no edifício ascende aos 417 m<sup>2</sup>, com uma capacidade de produção anual de 50,000 Wh/ano. (<http://www.romag.co.uk>, 17/12/2009)

### 3.3.12. SAPA GROUP

Esta empresa opera na área de sistemas construtivos de alumínio e oferece uma vasta gama de soluções onde os painéis foto voltaicos podem ser integrados, desde sistemas de fachada, cobertura envidraçada ou janelas, com diferentes configurações conforme o local do edifício onde se inserem, evidenciado pela Figura 3.28. (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)

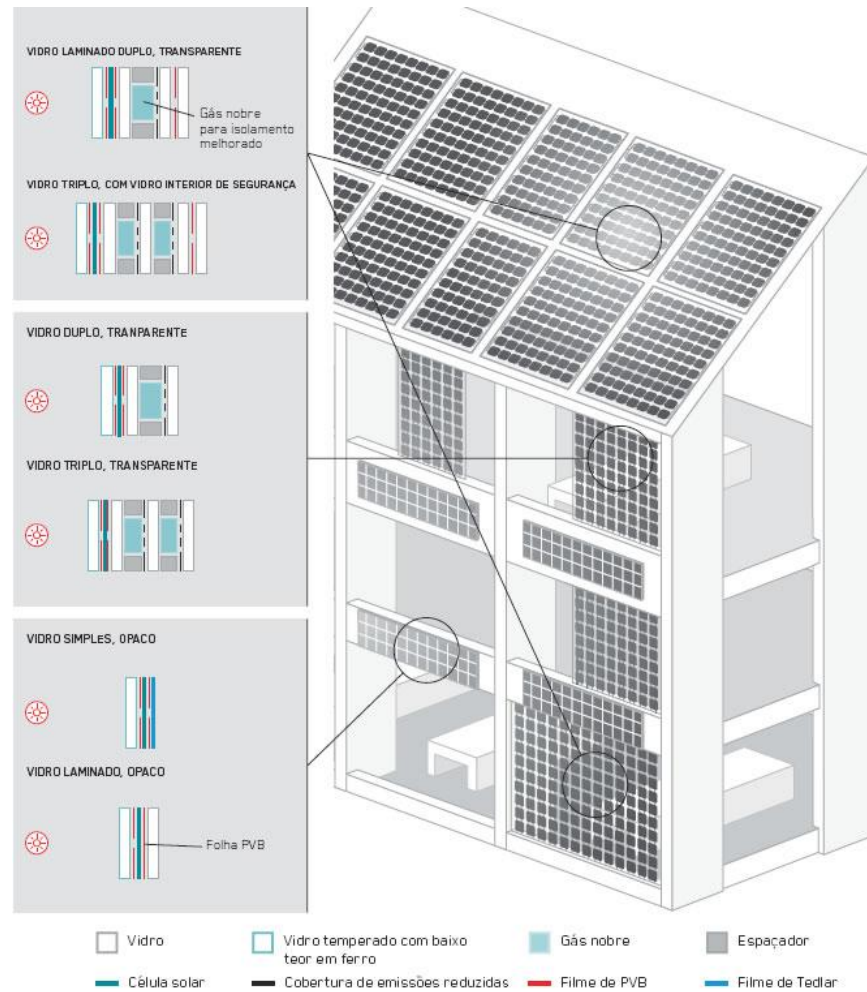


Figura 3.28 – Configuração dos diferentes sistemas fotovoltaicos, por local da envolvente (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)

Os módulos fotovoltaicos podem ser feitos por medida de acordo com dimensões especificadas e a selecção de células, bem como o seu posicionamento, podem ser adaptados de acordo com requisitos de transparência, controlo de luz, design do módulo, sombreamento e dimensão. Os módulos da Sapa Solar feitos por medida podem ser fabricados em quase todos os tamanhos com um tamanho máximo de 2.4 m de comprimento por 5.1 m de altura. (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)

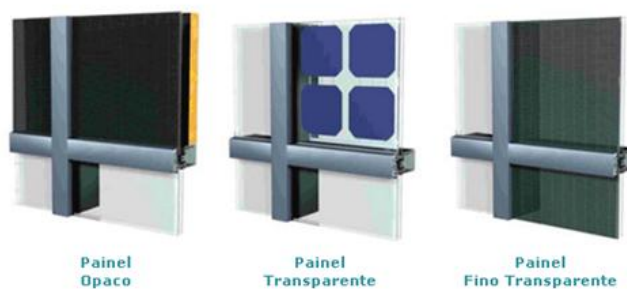
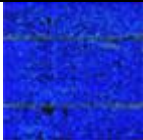



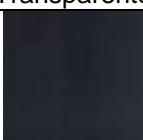


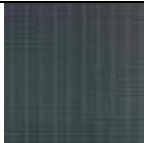
Figura 3.29 – Tipos de painéis disponíveis (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)

Existem disponíveis três tipos de painéis disponíveis: painéis transparentes, painéis opacos e painéis finos transparentes (Figura 3.29). Nos painéis transparentes as células fotovoltaicas encontram-se embutidas em vidro laminado de segurança. Consoante a métrica do edifício, feitos à medida dos projectos, estes painéis também podem ser isolados termicamente, existindo também uma versão em vidro duplo laminada para aplicação em coberturas. Ao variar a posição e densidade no pano de vidro, é possível regular a transmissão de luz e o efeito de sombra para o interior do edifício. Estes painéis são projectados utilizando tecnologia à base de PVB (Polivinil Butiral) que oferece inúmeras vantagens adicionais quer a nível de segurança como a nível de desempenho, tais como uma elevada força tênsil e capacidade de suportar cargas, garante a integridade de unidades partidas, maior ciclo de vida e excelente desempenho acústico. Os painéis fotovoltaicos opacos oferecem uma maior eficiência e desempenho, actuando como revestimento do edifício, sobrepondo-se à estrutura de aço e betão ao longo das fachadas do edifício. Os materiais isolantes que se encontram por trás dos painéis opacos proporcionam a barreira térmica necessária. (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)

As células fotovoltaicas estão disponíveis em silício policristalino, silício monocristalino e em películas de filme fino, obviamente com diferentes eficiências e opacidades (Quadro 3.2).

Quadro 3.2 – Tecnologia Fotovoltaica disponível para a assemblagem dos painéis (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)

Tipo	Dimensões (mm)	Eficiência	Potência de Pico (W/m <sup>2</sup> )	Potência de Pico (W/célula)
 Policristalina	156x156 125x125	16%	120	1.46 – 3.85
 Monocristalina	156x156 125x125	18%	130	2.60 – 4.02
 Monocristalina Eficiência Elevada	125x125	22%	155	2.90 – 3.11
 Monocristalina Semi Transparente	125x125	17%	105	1.90 – 3.11
 Asi (Silício Amorfo) Fime Fino	576x976	5%	50	32

	576x976	4%	40 - 45	27
Asi Filme Fino 10% ou 20% Opacidade				

Tal como foi referido, é possível ajustar o espaçamento entre células de modo a controlar a parâmetros como a transmissão da luz e o efeito de sombra no interior do edifício. As combinações possíveis entre o tipo de células e o afastamento entre elas com a potência e transparência estão evidenciadas no gráfico da figura 3.30 fornecido no endereço da empresa. (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)

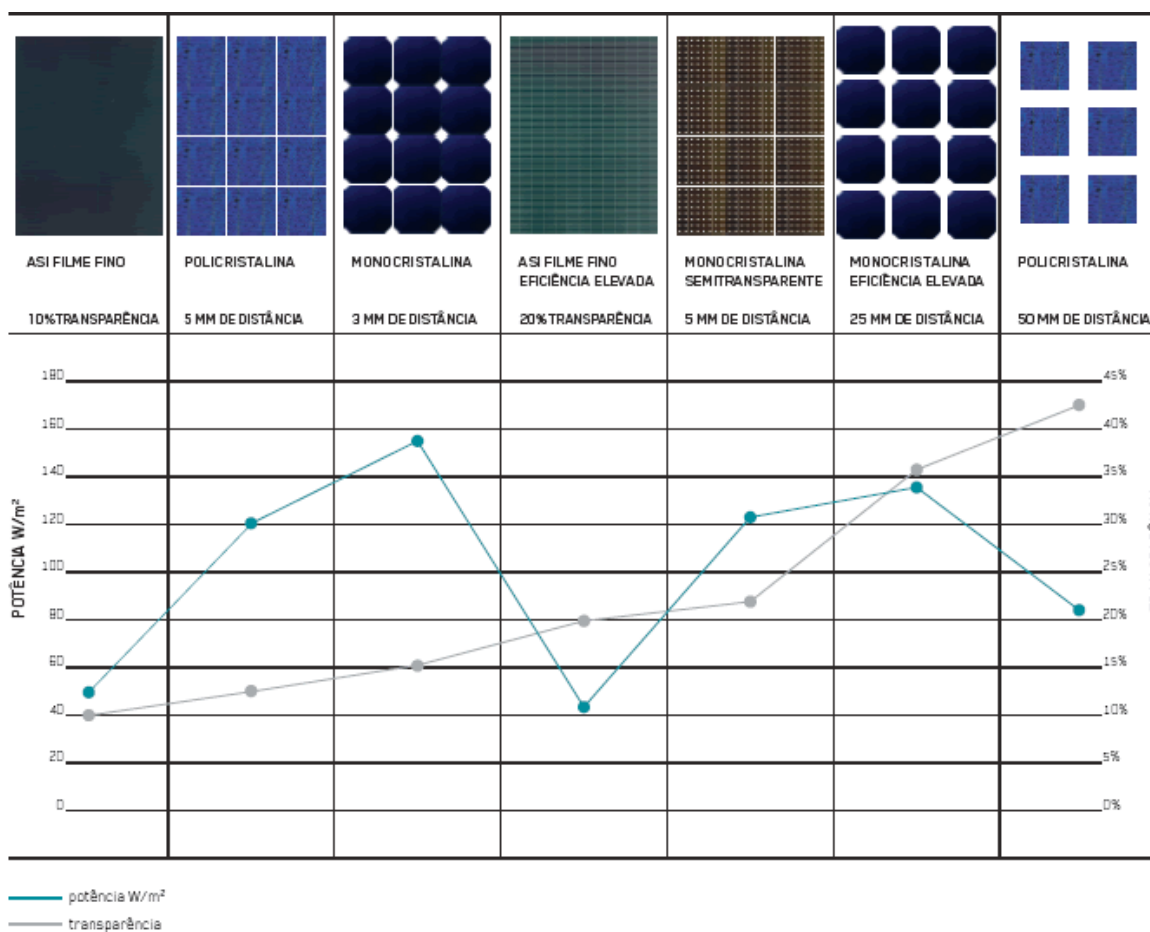


Figura 3.30 – Combinações entre tecnologias fotovoltaicas, potências e transparência possíveis para os painéis (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)

Esta companhia inclui no seu reportório vários projectos, entre os quais o Hospital OLV em Aalst, Bélgica e a Sede Nacional da Telecom do Sudão localizada na capital do Sudão, Cartum. No Hospital OLV (Figura 3.31), a Sapa foi responsável pela construção do sistema de fachada do átrio, em forma de olho, projectado especificamente para esta obra. (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)



Figura 3.31 – Fachada do Hospital OLV (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)

A fachada, voltada a Sul e com uma inclinação de 45 graus, aproveita a energia solar com grande eficiência. As células fotovoltaicas foram embutidas entre duas placas de vidro de segurança, em módulos pré montados (de 120x240 cm) ligados através de caixilhos de alumínio com ruptura de ponte térmica incorporada e conectores integrados para transportar a energia eléctrica (Figura 3.32). (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)



Figura 3.32 – Vista interior da fachada do Hospital OLV (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)

Foi instalada uma área total de células fotovoltaicas de 500 m<sup>2</sup> estimando-se uma produção de 100W/m<sup>2</sup> e uma capacidade anual de 31122 kW, energia que é aproveitada directamente para a rede eléctrica do hospital. Em Cartum, a torre de escritórios da Sede Nacional da Telecom do Sudão é revestida por 2300 m<sup>2</sup> de fachada fotovoltaica, para a qual a Sapa forneceu os sistemas de alumínio, instalando 1200 painéis aSi padrão e 200 painéis aSi de canto, garantindo uma capacidade total instalada de 10467 kWp (Figura 3.33). (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)



Figura 3.33 – Sede Nacional da Telecom Sudão (<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009)

### 3.3.13. SCHOTT SOLAR

A Schott Solar faz parte do grupo Schott, um grupo tecnológico internacional com representação em todos os importantes mercados mundiais, oferecendo materiais especiais, componentes e sistemas para os sectores da indústria de electrodomésticos, óptica, electrónica, farmacêutica e das energias renováveis. A Schott Solar mais especificamente actua no mercado das energias renováveis fabricando componentes e comercializando sistemas foto voltaicos completos, alguns destinados à integração arquitectónica em edifícios. (<http://www.schottsolar.com>, 19/12/2009)

#### 3.3.13.1. InDax 225

O sistema InDax 225 (Figura 3.34) é um sistema destinado a coberturas inclinadas, entre os 12° e os 65° de inclinação, que substitui totalmente o revestimento da cobertura em termos de protecção e isolamento, e está desenhado para esteticamente se integrar com a maior parte dos revestimentos tradicionais. (<http://www.schottsolar.com>, 19/12/2009)



Figura 3.34 – InDax 225 (<http://www.schottsolar.com>, 19/12/2009)

A montagem é feita através de uma grelha de perfis metálicos que ligam aos toros de madeira da estrutura da cobertura e as lacunas entre perfis são rematadas por perfis metálicos de cobertura. A moldura do módulo em alumínio anodizado de cor preta, ligada a este através de um produto adesivo altamente aderente e estanque à base de EPDM (Monómero de Etileno-Propileno-Dileno), foi especialmente desenvolvida e otimizada de forma a garantir uma boa ventilação e ao mesmo tempo providenciar excelentes condições de drenagem. Cada módulo encerra sessenta células poli cristalinas quadradas de 156x156 mm cada, revestidas por vidro temperado de segurança de 4mm. Os módulos são comercializados nas dimensões de 1769x999 mm, numa gama de potências que vai desde os 214 aos 225 Wp. (<http://www.schottsolar.com>, 19/12/2009)

### 3.3.13.2. ASI Solar Glass

Este tipo de sistema foto voltaico é um envidraçado destinado a coberturas ou fachadas, podendo actuar ainda como cortina de sombreamento, providenciando ao mesmo tempo isolamento térmico. Conforme o local da envolvente a que se destina e o conceito arquitectónico, o sistema pode ser opaco, quando não há necessidade de visualização para o exterior ou semi-transparente, com um certo grau de transparência à luz. O sistema pode ser montado em caixilhos comuns sem qualquer tipo de precauções adicionais. As células fotovoltaicas de tecnologia de filme fino de silício amorfo são depositadas na face do vidro numa camada de espessura inferior a 1 micron. Esta tecnologia permite a produção de energia mesmo em condições mais desfavoráveis, como em condições de luz difusa. (<http://www.schottsolar.com>, 19/12/2009)



Figura 3.35 – Edifício da Schott Ibérica, Barcelona (<http://www.schottsolar.com>, 19/12/2009)

O edifício da Schott Ibérica, em Barcelona, Espanha, concluído em 2005 possui uma fachada semi-transparente na qual foram instalados 27 módulos ASI Solar Glass coloridos, com uma potência nominal de 50Wp cada (Figura 3.35). A instalação completa tem uma potência total de 1.35 kWp, gerando uma produção anual de electricidade estimada na ordem dos 1,43 MWh. (<http://www.schottsolar.com>, 19/12/2009)

#### 3.3.14. SCHWEIZER METALLBAU

A Schweizer Metallbau faz parte do grupo Ernst Schweizer AG, sediado na Suíça e com presença no mercado local e Europeu. A principal actividade da empresa centra-se na produção e comercialização de materiais e sistemas de construção metálicos, tendo como principal foco a sustentabilidade e a consciência ambiental em toda a sua linha de produção, através do empenho em processos de produção de não poluentes, da criação de produtos duráveis e da utilização de materiais recicláveis. A empresa comercializa sistemas de fachada metálicos ou em madeira, janelas, portas e sistemas solares aptos quer para novas construções ou para reabilitações de edifícios. (<http://www.schweizer-metallbau.ch>, 19/12/2009)



Figura 3.36 – Exemplo de aplicação do sistema Solrif (<http://www.schweizer-metallbau.ch>, 19/12/2009)

O Solrif (Figura 3.36) é um sistema de perfis em alumínio extrudido com a funcionalidade de emoldurar e fixar diversos tipos de laminados foto voltaicos a coberturas inclinadas, com inclinações entre os 15° e os 70°. As secções do sistema unem-se horizontalmente e são fixas através de ganchos directamente sobre a estrutura de madeira de um telhado convencional. O sistema consiste em quatro perfis de alumínio, que são unidos ao laminado fotovoltaico especificado, criando mosaicos fotovoltaicos, nos quais a estanquidade é assegurada pelo próprio módulo e pelo adesivo de ligação entre o perfil e o módulo. O emolduramento consiste no aparafusamento do módulo aos perfis através de quatro parafusos, um em cada canto do laminado, e da selagem da restante interface módulo/perfil metálico por meio de um produto adesivo. Cada perfil que compõe um dos lados da moldura é fabricado em dimensões variáveis desde os 500 aos 2000 mm de extensão, com acabamentos em várias cores disponíveis. Existem pré-requisitos para que o sistema seja compatível com os módulos a incluir, assim, os módulos devem possuir uma espessura não superior a 5,5 mm e uma área de superfície não inferior a 1,35 m<sup>2</sup>. A empresa possui uma lista de módulos devidamente certificados e testados, que estão em conformidade com o sistema da empresa, apresentados no Quadro 3.3. (<http://www.schweizer-metallbau.ch>, 19/12/2009)

Quadro 3.3 – Módulos compatíveis com o sistema Solrif (<http://www.schweizer-metallbau.ch>, 19/12/2009)

Módulos	Fabricante
NP 125 GK NP200GK	Naps Systems
Bio energy Bio-185-U800WF Istar Solar IS3000P	Sunasol Sarl
Aleo Solar XL 180 S_16	Aleo solar GmbH
Biosol S880 TI	CentroSolar AG
Isofoton I 150, I 159, I 106	SE-Consultig
Kyocera FL 130 2009: FD 135	TriEnergy
SolarFabrik SF 130/2, SF 200	Solar-Fabrik AG
Sulfurcell SCG-HV-RI, 55/57 W	SULFURCELL Solartechnik GmbH
Sunways SM 215M	Sunways AG
Istar Solar IS4000P	Solarexpert
Sunpower 205/220	Ernst Schweizer AG
Kyocera FL 130	Tritec AG
Perfectenergy CNPV	Edisun Power Europe AG
Photowatt P6-123	Photowatt Technologies

### 3.3.15. SOLARDACHSTEIN

Esta empresa está sediada em Viena, Áustria e comercializa um tipo de telhas foto voltaicas, fabricadas a partir de material reciclado, onde as células foto voltaicas são embutidas nas telhas, destinadas a coberturas tradicionais inclinadas. (<http://www.solardachstein.com>, 20/12/2009)



Figura 3.37 – Módulo exemplar de uma Solar Roof Tile (<http://www.solardachstein.com>, 20/12/2009)

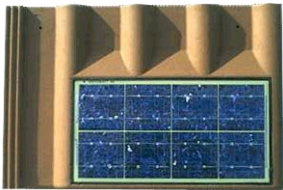



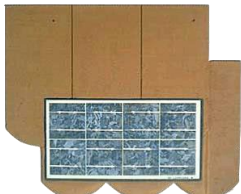
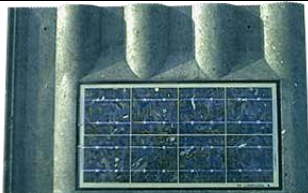
O processo de instalação da Solar Roof Tiles (Figura 3.37) é exactamente igual ao processo de instalação de telhas convencionais numa cobertura e portanto, não requer qualquer alteração à estrutura pré-existente da cobertura nem elementos de fixação adicionais. As telhas são fabricadas a partir de um material patenteado denominado Polymatrix, que é um material compósito de plástico reciclado, desprovido de resinas de PVC (Cloro de Polivinila), altamente resistente e impermeável, com bom isolamento térmico e acústico. Apesar de ser um material compósito produzido a partir de plástico, obedece também à regulamentação vigente de protecção contra incêndios. Os módulos integrados nas telhas são encapsulados em vidro temperado anti-reflexo em ambas as faces, com 8 células poli cristalinas de 100x100 mm produzidas pela companhia Photowatt, de 1,35 Wp de potência cada. O sistema é comercializado em blocos capazes de produzir 1kWp, que consistem em noventa e seis telhas solares, ordenadas em 8 filas de 12 telhas. O produto está disponível com duas cores diferentes para as células foto voltaicas, azul e castanho, e em diferentes cores desde cor de tijolo, a castanho, cinzento e preto. Pode ser visto um exemplo de aplicação das Solar Roof Tiles na cor negra num edifício de habitação unifamiliar na figura 3.38. Cores adicionais estão disponíveis mediante pedido especial. (<http://www.solardachstein.com>, 20/12/2009)




Figura 3.38 – Exemplo de aplicação da Solar Roof Tile (<http://www.solardachstein.com>, 20/12/2009)

A empresa comercializa estas telhas em vários modelos, desenhados através de especificações de fornecedores de telhas convencionais que aderiram ao programa de desenho da Solardachstein (Quadro 3.4). Os fornecedores podem tentar adquirir a sua licença para o programa, fornecendo desenhos específicos ou amostras a partir dos quais a Solardachstein elabora um estudo de para o modelo apresentado, de forma a avaliar a viabilidade da sua produção, daí que seja de esperar que novos modelos para além dos que se apresentam em seguida estejam brevemente disponíveis. (<http://www.solardachstein.com>, 20/12/2009)

Quadro 3.4 – Modelos disponíveis para a Solar Roof Tile (<http://www.solardachstein.com>, 20/12/2009)

Modelo	Tipo / Fornecedor
	Frankfurt Style Vários Fabricantes
	Double S Vários Fabricantes
	German Strangfalz Vários fabricantes
	Austrian Strangfalz INNOTEK
	Beaver INNOTEK
	Alpin BKR

Quadro 3.4 (continuação) – Modelos disponíveis para a Solar Roof Tile (<http://www.solardachstein.com>, 20/12/2009)

Modelo	Tipo / Fornecedor
	Vienna Plain INNOTEG

### 3.3.16. SOLUTION SOLARTECHNIK

A Solution Solartechnik é uma companhia Austríaca, fundada no ano de 2000, com representatividade no mercado Europeu. A companhia fornece uma grande quantidade de soluções de sistemas solares e foto voltaicos completos, assim como sistemas solares de larga escala, para o aquecimento de águas domésticas, aquecimento de águas de piscinas e arrefecimento. (<http://www.sol-ution.com>, 21/12/2009)



Figura 3.39 – Insol PV20 (<http://www.sol-ution.com>, 21/12/2009)

A solução fotovoltaica integrada desta empresa, o painel Insol PV20 (Figura 3.39), destina-se a ser integrada em coberturas inclinadas tradicionais, na qual os painéis podem substituir total ou parcialmente o revestimento tradicional da cobertura. Consiste em painéis de células policristalinas que podem ser instalados directamente sobre a estrutura da cobertura, sem a aplicação de elementos adicionais de fixação, em inclinações superiores a 20°. Os painéis são laminados de vidro, numa armação de madeira, revestidos por perfis de alumínio de forma a possibilitar a impermeabilização do sistema. O isolamento térmico é garantido por um revestimento a lâ-de-rocha na face posterior do painel. Os módulos estão disponíveis nas dimensões 2030x1013 mm com uma potência de 242 Wp. Na habitação no Norte de Áustria, apresentada na Figura 3.40, estes painéis foram instalados na cobertura inclinada de uma habitação uni familiar, numa área de 16 m<sup>2</sup>. (<http://www.sol-ution.com>, 21/12/2009)



Figura 3.40 – Insol PV20 na cobertura de uma habitação (<http://www.sol-ution.com>, 21/12/2009)

### 3.3.17. SOLON SE

A Solon SE, fundada em 1997, foi a primeira companhia de energia solar a ser listada na Alemanha, onde está sediada, possuindo filiais em Itália, Suíça, Áustria e Estados Unidos. Tem como principal actividade a fabricação de módulos solares de várias categorias de desempenho e de sistemas fotovoltaicos completos para a construção de centrais solares, bem como a construção de centrais solares chave na mão. A empresa tem atingido um crescimento constante de ano para ano, em grande parte devido às suas actividades internacionais, com cerca de 60% dos lucros da empresa a serem gerados fora da Alemanha. (<http://www.solon.com>, 21/12/2009)



Figura 3.41 – Solon Black 160/05 (<http://www.solon.com>, 21/12/2009)

O módulo Solon Black 160/05 (Figura 3.41) faz parte da linha de produtos da empresa destinada à integração arquitectónica em edifícios. O módulo vem com um sistema de montagem integrado para uma instalação fácil e rápida, podendo ser instalado directamente na estrutura da cobertura, substituindo o revestimento convencional, preenchendo total ou parcialmente a cobertura. O módulo foi desenhado com o objectivo de poder ser combinado com vários tipos de telhas tradicionais. É envolto numa moldura sintética de poliuretano de cor preta de forma a assegurar a impermeabilização da cobertura e revestido por um vidro temperado de segurança de 4mm de espessura, de elevada

transparência, na face frontal e por uma folha laminada de cor preta atrás, que confere a cor ao módulo. Cada módulo de 1750x850x30 mm de dimensões, contém 72 células fotovoltaicas de silício mono cristalino de 125x125mm cada, de coloração preta, gerando potências desde 155Wp até 175Wp, com eficiências até 13,7 %. O módulo destina-se a ser aplicado em telhados com inclinações entre 22 e 60°. (<http://www.solon.com>, 21/12/2009)

A empresa desenvolve projectos com sistemas foto voltaicos destinados à integração arquitectónica em edifícios, utilizando não só este sistema em coberturas, mas também incorporado em abóbadas ou fachadas. A nível residencial destacam-se dois projectos, onde foi incorporado o módulo Solon Black 160/05, nomeadamente uma residência em Neckarsulm e outra em Whyl (Figura 3.42), ambas na Alemanha, onde recentemente foram implementados sistemas com 5,4 kWp de potência e 15,5 kWp respectivamente. (<http://www.solon.com>, 21/12/2009)



Figura 3.42 – Aplicações do Solon Black 160/05 em residências unifamiliares (<http://www.solon.com>, 21/12/2009)

A uma maior escala, no edifício da própria sede da empresa em Berlim, Alemanha, concluído em Dezembro de 2008, foram integrados na cobertura plana módulos fotovoltaicos, produzindo uma potência nominal de 812 kW, o que gera uma potência anual de aproximadamente 200.000 kWh (Figura 3.43). (<http://www.solon.com>, 21/12/2009)



Figura 3.43 – Sede da Solon SE, Berlim (<http://www.solon.com>, 21/12/2009)

Um exemplo de integração em fachada, é o Hospital Meyer (Figura 3.44), situado em Itália, onde na fachada envidraçada foram instalados módulos foto voltaicos. O sistema produz uma potência nominal de 33 kW, com uma potência anual de 35.000 kW. Este projecto foi concluído em Janeiro de 2007. (<http://www.solon.com>, 21/12/2009)



Figura 3.44 – Fachada do Hospital Meyer, Itália (<http://www.solon.com>, 21/12/2009)

### 3.3.18. SRS ENERGY

A SRS Energy, em conjunto com a US Tiles, desenvolve e fabrica telhas solares (Solé Power Tiles) projectadas para se integrarem totalmente em telhados inclinados compostos pelas tradicionais telhas cerâmicas, especialmente adaptadas aos modelos disponibilizados pela US Tiles, o sistema permite uma instalação sem emendas ou sobreposições garantindo a integridade e estanquidade do telhado e ao mesmo tempo não comprometendo a estética do edifício. Como se demonstra através do pormenor de um telhado onde foram instaladas as Solé Power Tiles, as telhas não possuem qualquer sistema adicional de fixação sendo que a instalação é feita de forma semelhante a uma qualquer telha cerâmica corrente, e estão perfeitamente integradas com as telhas tradicionais adjacentes, quer estética quer mecanicamente (Figura 3.45). (<http://www.srsenergy.com>, 21/12/2009)

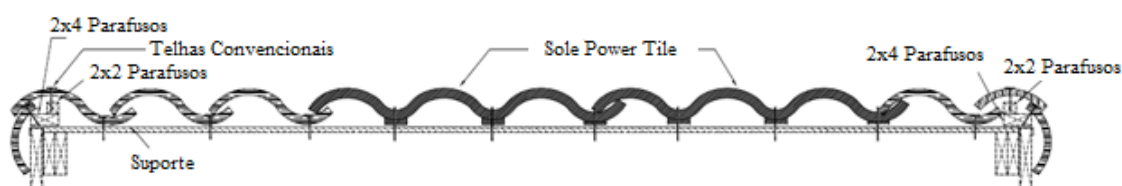


Figura 3.45 – Pormenor de instalação das Solé Power Tiles (<http://www.srsenergy.com>, 21/12/2009)

As telhas de 82cm de largura por 46 cm de comprimento são compostas por polímeros leves e resistentes, semelhantes aos utilizados vulgarmente em outras aplicações como pára-choques para automóveis, daí que estas telhas sejam mais leves que as convencionais telhas cerâmicas, permitindo uma instalação e manuseamento simples e versátil, em tudo semelhante ao das telhas cerâmicas. (<http://www.srsenergy.com>, 21/12/2009)

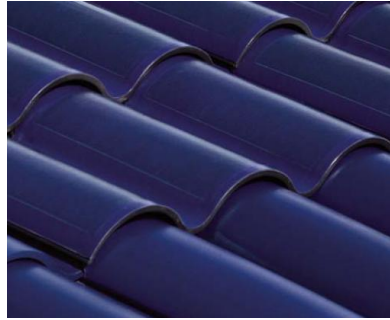


Figura 3.46 – Solé Power Tiles (<http://www.srsenergy.com>, 21/12/2009)

A Solé Power Tile utiliza as células solares flexíveis de silício amorfas, também conhecidas por células de filme fino produzidas pela Uni-Solar, embutidas na face exterior da telha sob uma cápsula isolante, daí que presentemente a única cor disponível para este produto seja precisamente a cor azul das células nele embutidas, como é visível na Figura 3.46. As empresas fabricantes de células solares começam agora a envolver-se na investigação de colorações adicionais para os seus produtos, daí se espera que brevemente outras cores estejam disponíveis. Esta tecnologia de filme fino integrada nas telhas permite que estas produzam energia mesmo em condições mais adversas como condições de luminosidade dinâmicas ao longo do dia, sob céu enublado ou poeiras e a altas temperaturas, o que se traduz num período mais alargado para a produção de energia. É estimado que numa área de cerca de 9 m<sup>2</sup> de telhado, é possível colocar 30 telhas solares com uma capacidade de produção de 500 Wp. (<http://www.srsenergy.com>, 21/12/2009)

Sendo uma empresa recente e com um produto vocacionado especialmente para proprietários de habitações tradicionais, a SRS Energy não apresenta ainda grandes projectos de renome no seu currículo, contudo o produto foi já utilizado em algumas remodelações de telhados como foi o caso da Zwahlen's Ice Cream and Chocolates, em Audubon, Pensilvânia e uma habitação unifamiliar em Palm Springs, Califórnia. Na Zwahlen's Ice Cream and Chocolates (Figura 3.47) foi substituída uma área de cerca de 30 m<sup>2</sup> da cobertura original, obtendo-se uma produção estimada de 2100 kW/ano. (<http://www.srsenergy.com>, 21/12/2009)



Figura 3.47 – Exemplo de aplicação das Solé Power Tiles (<http://www.srsenergy.com>, 21/12/2009)

Num projecto em Palm Springs (Figura 3.48), Califórnia a área remodelada de telhado foi exactamente a mesma (cerca de 30 m<sup>2</sup>), contudo a produção estimada ascende aos 2400 kW/ano. Isto acontece devido ao facto de no estado da Califórnia ser possível obter mais horas de pico solares do que no estado da Pensilvânia. (<http://www.srsenergy.com>, 21/12/2009)



Figura 3.48 – Residência Unifamiliar em Palm Springs, Califórnia (<http://www.srsenergy.com>, 21/12/2009)

### 3.3.19. SUNTECH

A Suntech é uma empresa sediada na China, com representatividade na Europa, Ásia, América do Norte e Austrália, líder em desenho e na criação de soluções solares inovadoras para uma vasta gama de clientes. Empenhados no desenvolvimento do sector e na excelência do desenho, a companhia produz módulos mono e poli cristalinos de alto desempenho, tendo como principal preocupação características como a estabilidade, capacidade e desempenho, para uma gama de várias aplicações. A empresa tem-se expandido a nível internacional, aumento as suas infra-estruturas de produção, de forma que cada vez mais seja possível fazer chegar a um maior número de clientes, soluções que aliam o design, protecção e produção de energia, a custos mais acessíveis. Entre os produtos comercializados pela companhia, destaca-se a MSK Solar Design Line, vocacionada especialmente para a integração arquitectónica em edifícios, num número vasto de elementos da envolvente. Dentro da linha de produtos, destinado ao revestimento de coberturas existe o Suntech Just Roof, o vidro solar Suntech See Thru e o sistema de fachada e sombreamento Suntech Ligh Thru. (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)

#### 3.3.19.1. Suntech Just Roof

Este sistema fotovoltaico destina-se à integração em coberturas inclinadas de edifícios, podendo substituir total ou parcialmente telhas convencionais de um telhado ou outro tipo de coberturas (Figura 3.49). Pode ser montado directamente sob a estrutura de uma cobertura convencional, sendo o sistema de montagem assegurado por dois perfis metálicos, um vertical e outro de nivelamento onde assentam os painéis.



Figura 3.49 – Suntech Just Roof (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)

A estanquidade da cobertura é assegurada por perfis de alumínio anodizado entre os módulos, que colmatam o espaçamento entre os módulos, não permitindo a penetração de águas pluviais e por canais no próprio módulo que encaminham as águas recolhidas para as caleiras. Os módulos de 1620x840 mm possuem uma moldura também em alumínio anodizado e são revestidos a vidro temperado anti-relexo. Podem ser equipados com células mono ou poli cristalinas, em blocos de 72 células, numa gama de potências desde os 140 Wp aos 180 Wp. Em Hokkaido, no norte do Japão, foi construída uma urbanização de habitações uni familiares, onde todas as 503 habitações foram equipadas com o sistema Just Roof (Figura 3.50) e foi possível a revenda de todas as habitações sem custos adicionais aos de uma habitação convencional. Em cada habitação, o sistema integra totalmente a cobertura, numa área de 30 m<sup>2</sup>, gerando uma potência de 3 kW. (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)



Figura 3.50 – Urbanização com telhados equipados com o sistema Just Roof (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)

### 3.3.19.2. SUNTECH SEE THRU

Este sistema é um tipo de vidro fotovoltaico inovador, pois o seu acabamento único semi-transparente faz com que se assemelhe a vidro tingido e está concebido para aplicações em fachadas de muro cortina, clarabóias, marquises, átrios, e outras superfícies envidraçadas verticais ou inclinadas. (Figura 3.51)

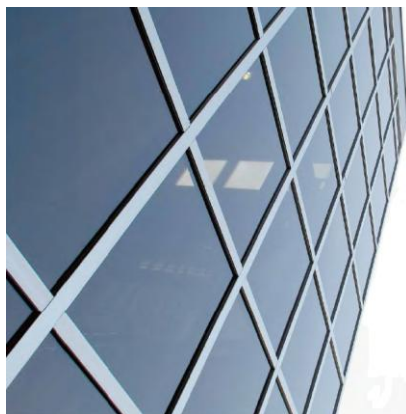


Figura 3.51 – Suntech See Thru (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)

O vidro bloqueia os raios UV e o calor solar mas permite a passagem de luz difusa, conforme o desejo do projectista, entre 1%,5% e 10% da luz exterior, para o interior do edifício. No interior é quase imperceptível a diferença entre este e um vidro ordinário, pois apresenta uma aparência homogénea de coloração cinzento claro. Para uma integração perfeita, todas as ligações eléctricas encontram-se no bordo do painel para garantir que permanecem ocultas nos caixilhos depois de instalado o sistema. Cada módulo tem de dimensões 980x950 mm e duas espessuras disponíveis, 10,5 ou 13,5 mm contudo outras configurações podem ser fabricadas se desejado pelo projectista. As células do módulo são constituídas por uma camada de filme fino de silício amorfo, entre as camadas de vidro, numa área total de 80,95cm<sup>2</sup>. Esta camada tem aproximadamente 0,3 microns de espessura e é cerca de 600 vezes mais fina que uma célula cristalina convencional. A gama de potências para este módulo ascende desde os 42 aos 52 Wp. (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)

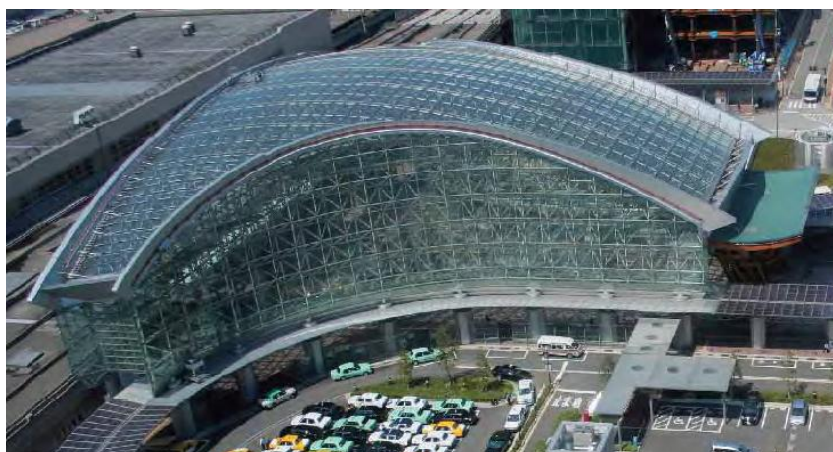


Figura 3.52 – Terminal de Autocarros em Kanazawa (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)

Como projecto de referência destaca-se o terminal em Kanazawa (Figura 3.52), Japão, onde nas palas de cobertura dos terminais foi instalado este sistema, na versão com 5% de transparência. Os laminados de vidro foram modificados especialmente para este projecto de forma a cumprirem requisitos de desenho e a suportarem maiores carregamentos, devido à provável ocorrência de neve na região. O sistema foi instalado ao longo de 3000 m<sup>2</sup>, gerando uma potência estimada de 120 kW. (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)

### 3.3.19.3. Suntech Light Thru

Semelhante ao sistema apresentado anteriormente, este é um sistema de sombreamento desenhado para clarabóias, átrios, marquises e fachadas verticais. A principal diferença entre os dois sistemas é que no sistema Light Thru (Figura 3.53) as células utilizadas não são de filme fino, mas as convencionais células poli ou mono cristalinas, portanto, o efeito de transparência e aspecto muito semelhante a um vidro vulgar deixa de ser possível, para dar lugar a módulos com células individualizadas, cujo espaçamento entre elas determina a quantidade de luz, radiação e transparência para o interior do edifício, criando sombra, mas com a vantagem de um maior rendimento energético. (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)



Figura 3.53 – Suntech Light Thru (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)

As células estão contidas entre dois painéis de vidro temperado com espessuras a variar entre os 3,2 e os 12mm, nos quais o vidro superior, por razões de maximização da conversão energética, deve ser um vidro altamente transparente mas já o vidro inferior pode ser encomendado em qualquer coloração ou textura. O tipo de células, bem como o espaçamento entre elas (pode ser o mínimo de 4mm ou na gama entre os 10-15mm), e as dimensões do módulo (até 3000x2000 mm) são totalmente especificados pelo cliente. As células podem ser células mono cristalinas, que possuem uma maior eficiência, disponíveis apenas na cor preta ou poli cristalinas, de eficiência ligeiramente menor, mas cuja coloração é seleccionável. Dependendo do tamanho do módulo, a gama de potências entre as medidas standard comercializadas vai desde 109 Wp aos 509 Wp. (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)



Figura 3.54 – Arranha-céus com fachada fotovoltaica em Hong Kong (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)

No centro de Hong Kong, China, este arranha-céus incorpora vários módulos do tipo Light Thru na entrada, ao longo de vários pisos e até módulos especialmente concebidos no telhado. No total estima-se uma potência total de 50 kW. (<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009)

### 3.3.20. SUNWAYS SOLAR

A Sunways Solar é uma fabricante alemã de módulos e células foto voltaicas. De entre a sua gama de produtos solares, o módulo SM 215L - Laminate (Figura 3.55) é destacado como a solução especialmente vocacionada para a integração arquitectónica em edifícios, principalmente devido a pormenores estéticos como painéis transparentes e ausência de uma estrutura para fixar o painel. (<http://www.sunways.eu/de/>, 23/12/2009)



Figura 3.55 – SM 215 L – Laminate (<http://www.sunways.eu/de/>, 23/12/2009)

O módulo é constituído na frente por vidro solar de 4mm altamente transparente e a face anterior do painel é revestida por um filme laminado de poliéster disponível em preto ou branco. As células são encapsuladas por espuma vinílica acetinada, uma espuma sintética termoplástica, que confere protecção às mesmas devido à sua resistência a baixas temperaturas, resistência à radiação UV e excelentes propriedades mecânicas. (<http://www.sunways.eu/de/>, 23/12/2009)

O SM 215L – Laminate para ser integrado em fachadas não necessita de qualquer estrutura adicional de fixação, contudo o produto pode ser instalado em telhados inclinados através do sistema de fixação em perfis alumínio extrudido Solrif da Schweizer-Metallbau. O módulo de 1674 mm x 984 mm x 5 mm, contém 60 células fotovoltaicas fabricadas pela própria Sunways Solar e ocupa uma área aproximada de 1,65 m<sup>2</sup>. O módulo está disponível em classes de potência que vão desde os 220 aos 235 W. As células que incorporam o módulo são do tipo mono cristalinas, de 156 mm x 156 mm, quadradas e podem transparentes ou de alto desempenho. (<http://www.sunways.eu/de/>, 23/12/2009)

A empresa participou já em grandes projectos ao longo do seu curto historial em diferentes vertentes da energia solar que vão desde a integração em edifícios, a sistemas de larga escala (centrais energéticas solares) e até tejadilhos solares para a indústria automóvel. Qualquer um destes exemplos é apresentado pela companhia como projecto de referência, contudo centrando-nos na área efectivamente em estudo, destacam-se como exemplos o BMW World em Munique e Xicui, também conhecida por “Zero Energy Media Wall”, em Pequim.

No BMW World (Figura 3.56), que abriu as suas portas em 2008 servindo a prestigiada BMW como museu e centro de eventos, o desafio dos arquitectos foi equacionar um edifício no qual a tecnologia e a construção se complementassem, sobretudo em aspectos de design e ecológicos. Um dos pormenores neste edifício é a integração de elementos fotovoltaicos no telhado do edifício, em forma de onda, no qual foram colocadas 220,000 células solares monocristalinas de alta eficiência da Sunways, distribuídas por 3,660 módulos solares embutidos numa cobertura em aço inoxidável, acima do sistema de drenagem do telhado. Os módulos em folha de vidro negra, ocupam uma área de aproximadamente 8,000m<sup>2</sup> e geram uns estimados 823.5 kW de potência. (<http://www.sunways.eu/de/>, 23/12/2009)



Figura 3.56 – BMW World, Munique (<http://www.sunways.eu/de/>, 23/12/2009)

O Xicui é um complexo de entretenimento em Pequim (Figura 3.57) que espelha a nova filosofia da arquitectura Chinesa e o seu compromisso na integração de tecnologia sustentável. Na envolvente do

edifício foi construída a GreenPix, a primeira parede multimídia de “energia zero” da cidade, ou seja, a fachada em parede de cortina de vidro integra os painéis solares num sistema totalmente pioneiro na China, recolhendo a energia necessária durante o dia para alimentar totalmente o espectáculo multimídia que ela proporciona à noite através da maior tela LED colorida, que ilumina os painéis por trás, tornando este elemento do edifício completamente auto-sustentável. O projecto foi desenvolvido em cooperação com a Sunways, que providenciou aconselhamento e planeamento nas fases iniciais do mesmo, no qual as suas células solares transparentes formam a base deste conceito. Foram utilizados módulos solares do tipo vidro/vidro com fixadores, iluminados por trás, que acomodam cerca de 2,300 células multicristalinas, numa área de 1800 m<sup>2</sup>. (<http://www.sunways.eu/de/>, 23/12/2009)



Figura 3.57 – Xicui, Pequim (<http://www.sunways.eu/de/>, 23/12/2009)

### 3.3.21. SYSTAIC

A Systaic é uma companhia fundada em 2004 e sediada em Dusseldorf, Alemanha com presença nos mercados europeus e norte-americano. O campo de actividades desta empresa inclui plantas solares de larga escala, integradas por exemplo, em instalações agrícolas de grandes dimensões, tejadilhos fotovoltaicos para a indústria automóvel e sistemas fotovoltaicos para o revestimento de coberturas de edifícios. (<http://www.systaic.de>, 23/12/2009)



Figura 3.58 – Energy Roof (<http://www.systaic.de>, 23/12/2009)

O sistema Energy Roof (Figura 3.58) é um sistema revolucionário destinado a coberturas de edifícios, na medida em que se trata de um módulo fotovoltaico revestido por poliuretano, que incorpora um sistema de assemblagem e ligação sem parafusos ou cabos. Esta tecnologia permite aos módulos

serem conectados mecânica e electronicamente numa só etapa em sistemas universais de carris de suporte. Na face frontal o módulo é uma superfície de vidro não reflector contínua, de 4mm de espessura, fixa pelos bordos ao laminado de poliuretano. Graças ao controlo da ventilação entre painéis, o sistema permite uma óptima ventilação das células, de forma a maximizar o seu rendimento e ainda armazenar o calor residual proveniente do aquecimento das células para o reaproveitamento nos sistemas de água quente sanitária e aquecimento central. O sistema pode incorporar vários tipos de células fotovoltaicas, desde mono a policristalinas e até a tecnologia de filme fino de silício amorfo, sendo que cada módulo de dimensões 1045X1045 mm, contem trinta e seis células capazes de gerar uns aproximados 130 Wp de potência. (<http://www.systaic.de>, 23/12/2009)



Figura 3.59 – Escritórios da firma Krall, Elsenfeld (<http://www.systaic.de>, 23/12/2009)

Na construção do edifício de escritórios e produção da firma Krall (Figura 3.59) em Elsenfeld, Alemanha, concluído em Outubro de 2007, oitenta e oito unidades energéticas, com respectivamente 130 Wp e uma potência total de 11,4 kWp foram instaladas no edifício. A grade na área do telhado avançado, sob as unidades energéticas, forma um suporte integrado para a neve que conduz a mesma à camada aquífera. Os elementos de contacto ao canto do telhado avançado foram construídos em chapas de aço com acabamento colorido. (<http://www.systaic.de>, 23/12/2009)

### 3.3.22. SYSTEM PHOTONICS

A System Photonics, empresa italiana que faz parte do grupo industrial System Group, fabrica e comercializa soluções fotovoltaicas inovativas altamente estéticas e funcionais tendo por base a tecnologia cerâmica (a área nuclear do grupo industrial ao qual esta companhia pertence) e as mais recentes tecnologias de semicondutores e materiais poliméricos. A filosofia da empresa é criar superfícies foto voltaicas eficientes que podem ser perfeitamente integradas em edifícios ou no ambiente, fazendo proveito da versatilidade de substratos finos cerâmicos. A empresa comercializa uma vasta gama de sistemas foto voltaicos vocacionados para integração em edifícios, projectados especialmente tanto para fachadas (SPL AA e SPL BA) como para coberturas (RTL CD, RTL CS e RTL CDW). (<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009)

Quanto aos sistemas para coberturas, a principal característica que separa os modelos é o tipo de telhado para qual se destina a sua integração, assim sendo, os sistemas RTL CD e RTL CDW (Figura

3.60) são módulos projectados para coberturas onde as telhas são colocadas telha a telha enquanto o módulo RTL CS (Figura 3.61) foi concebido para integrar coberturas onde as telhas são colocadas em cascata. Os módulos SPL AA (Figura 3.62) e SPL BA (Figura 3.63) são a solução proposta pela companhia para fachadas ventiladas. As células fotovoltaicas em todos os módulos são encapsuladas com uma tecnologia desenvolvida pela companhia DuPont, denominada PV5316, que confere maior força, durabilidade e eficiência de custo por watt ao módulo. A System Photonics afirma ser em média 5 mais dura e 100 vezes mais coesa que outros materiais de encapsulamento normalmente utilizados (EVA, PVB). Todos os módulos estão disponíveis na mesma gama de cores, cor essa que é conferida pela folha cerâmica, sob a qual é construído o módulo. (<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009)

#### 3.3.22.1. RTL CD / RTL CDW



Figura 3.60 – RTL CD (à esquerda) e RTL CDW (à direita) (<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009)

Ambos os sistemas estão concebidos para se integrarem perfeitamente na envolvente do edifício já que não possuem estrutura de alumínio de suporte e são extremamente resistentes. Este sistema pode ser incluído parcialmente ou totalmente em telhados tradicionais sem prejuízo para as características de protecção e impermeabilidade do mesmo e com um método de montagem semelhante ao de telhas tradicionais, garante a impermeabilidade de telhados até 18° de inclinação, sem medidas adicionais. A resistência do material garante ainda que é possível caminhar sobre os módulos facilitando os trabalhos de manutenção ou reparação, se eventualmente necessários. (<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009)

Os módulos são comercializados com as dimensões 1000x750x8 mm. Cada módulo encerra 24 células de silício monocristalino, com as potências dos modelos a variar desde os 40W aos 45W. Os módulos são revestidos na frente por vidro temperado de 3.2mm de espessura e atrás por uma folha cerâmica de aproximadamente 3mm. O sistema vem disponível numa gama de 13 cores diferentes, desde tons de azul, cinzento, branco, dourado ou castanho. (<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009)

#### 3.3.22.2. RTL CS

Este modelo é também adequado para telhados, distinguindo-se dos anteriores apenas na forma de instalação para a qual está adaptado. Destina-se a instalações em cascata, garantindo a impermeabilidade do telhado até inclinações de 3°, desde que sejam instalados canais para evacuar a água da chuva até aos beirais do telhado.



Figura 3.61 – RTL CS (<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009)

Estes módulos são comercializados em potências desde os 85W aos 95W, obtidos através de 24 células de silício monocristalino contidas no módulo. O módulo tem de dimensões 1000x750x8 mm, revestido na frente por vidro temperado de 3,2 mm e atrás por folha cerâmica de 3 mm, e está disponível na mesma gama de cores que os modelos anteriormente apresentados. (<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009)

### 3.3.22.3. SPL AA

Este modelo está concebido para ser integrado em fachadas, mais particularmente em fachadas ventiladas. Não possui estrutura de alumínio de suporte, vem disponível em módulos de dimensões 1000x1000x8 mm, com 36 células de silício monocristalino incorporadas, capazes de gerar uma potência que vai desde os 130W aos 135W, dependendo do modelo. (<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009)



Figura 3.62 – SPL AA (<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009)

Tal como os outros produtos já apresentados a cobertura frontal do módulo é realizada em vidro temperado de 3,2 mm e atrás é suportado por folha cerâmica de 3mm de espessura que confere a cor ao módulo. A mesma gama de 13 cores está também disponível neste produto. (<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009)

#### 3.3.22.4. SPL BA



Figura 3.63 – SPL BA (<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009)

Com o mesmo campo de aplicação que o SPL AA, estes módulos de 1500x1000x8 mm incorporam 54 células de silício monocristalino, numa gama de potências disponíveis desde os 200W aos 205W dependendo do modelo. O encapsulamento e as cores disponíveis são em tudo semelhantes aos modelos anteriores. (<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009)

#### 3.3.23. UMBELINO MONTEIRO – SOLESIA

A Umbelino Monteiro é uma companhia portuguesa integrada no consórcio internacional ETEX Group, com presença no mercado português e espanhol, cujo principal ramo de actividade é a indústria dos materiais de construção. Mais concretamente, a Umbelino Monteiro é uma empresa especializada na área dos cerâmicos, que, apostando numa forte componente tecnológica, comercializa telhas cerâmicas para coberturas tradicionais. ([www.umbelino.pt](http://www.umbelino.pt), 26/12/2009)



Figura 3.64 – Telha Solesia (<http://www.umbelino.pt>, 26/12/2009)

As telhas fotovoltaicas Solesia (Figura 3.64) são um sistema de revestimento destinado a coberturas tradicionais inclinadas, que utilizam como substrato produtos clássicos fabricados pela empresa, como as telhas Advance ou Advance Lusa, nas quais são inseridas células fotovoltaicas destinadas à produção de energia. A montagem do sistema é assegurada sem a adição de elementos adicionais de fixação, sem perfuração das telhas ou a montagem de estruturas sobre-elevadas. A fixação é conseguida através de quatro parafusos inox, directamente sobre a estrutura da cobertura e a

estanquidade é assegurada pelo próprio material. A inclinação mínima recomendada da cobertura para que seja possível a instalação deste sistema, varia conforme a região onde se encontra o edifício, e conforme a extensão da pendente, contudo em situações mais correntes ronda os 20°. Como foi dito, este sistema utiliza como substrato as telhas Advance ou Advance Lusa fabricadas pela companhia, em cor de barro ou preto, à qual são fixas vinte e duas células de silício monocristalino, de cor preta e alto rendimento, por intermédio de parafusos, que permitem a posterior substituição das células mesmo depois da fixação, caso seja necessário. Na parte superior da célula foi incluída uma ranhura que permite o arrefecimento das células e assim permite que seja garantido sempre o máximo rendimento possível e ao mesmo tempo contribui para uma excelente ventilação da cobertura. Cada módulo tem de dimensões 1835x485x41 mm. Este sistema está disponível em três configurações diferentes, de acordo com o volume de investimento pretendido, assim existe o sistema Basic, que inclui vinte e quatro telhas Solesia, que revestem uma área de 16,2 m<sup>2</sup>, gerando uma capacidade máxima de 2040 Wp. O sistema Medium disponibiliza trinta e dois módulos, numa área de cobertura de 21,6 m<sup>2</sup>, e uma capacidade máxima de 2720 Wp. O sistema mais potente comercializado pela Umbelino Monteiro inclui quarenta e duas telhas Solesia, para uma área de 28,4 m<sup>2</sup>, e uma potência de 3570 Wp. O sistema é relativamente recente e portanto ainda não existem projectos de referência, contudo existe uma cobertura construída na sede da empresa para fins demonstrativos do sistema (Figura 3.65). ([www.umbelino.pt](http://www.umbelino.pt), 26/12/2009)



Figura 3.65 – Cobertura de demonstração para as telhas Solesia, na sede da empresa (<http://www.umbelino.pt>, 26/12/2009)






### 3.4. QUADRO SÍNTESE

Neste ponto apresenta-se um quadro síntese onde foram reunidas algumas das informações mais relevantes dos produtos apresentados no ponto anterior. Os sistemas foram distinguidos pelo seu campo de aplicação de forma a facilitar a consulta do quadro subdividindo-se em dois grupos: sistemas de fachada e sombreamento (Quadro 3.5) e sistema de cobertura (Quadro 3.6). Os sistemas que podem desempenhar as duas funções simultaneamente encontram-se repetidos nos dois quadros. As dimensões nas tabelas apresentam-se no formato Comprimento x Largura. A potência máxima refere-se à gama mais potente disponível para cada módulo do sistema apresentado, estando à partida condicionada pelas dimensões dos mesmos, e é apresentada em Watt Peak.

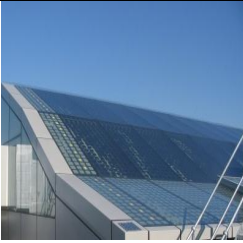



Quadro 3.5 – Compilação de sistemas fotovoltaicos destinados à integração em coberturas de edifícios

Fabricante/Modelo	Funcionalidades	Materiais Construtivos	Dimensões Máximas (mm)	Tecnologia Fotovoltaica	Potência Máxima (Wp)
 3S - Mega Slate Roof	Protecção Impermeabilização	Plástico Reforçado com Fibras de Vidro Vidro	1320x975	Mono Cristalina Poli Cristalina	150
 Alwitra - Evalon Solar	Impermeabilização	EVA PVC	6000x1550	Filme Fino de Silício Amorfo	408
 Atlantis - Sunslates	Protecção Impermeabilização	Vidro Polímeros Termo-fixos	500x375	Mono Cristalina	19
 Atlantis - Megaslates	Protecção Impermeabilização	Vidro Borracha	1320x1000	Mono Cristalina Poli Cristalina	150
 Creative Solar Systems - Solar Roof Stone	Protecção Impermeabilização	Telha Cerâmica Ou Telha de Cimento Vidro	1204x345	Mono Cristalina	53





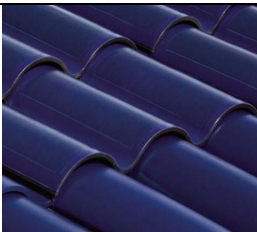
Quadro 3.5 (Continuação) – Compilação de sistemas fotovoltaicos destinados à integração em coberturas de edifícios

Modelo/Referência	Funcionalidades	Materiais Construtivos	Dimensões Máximas (mm)	Tecnologia Fotovoltaica	Potência Máxima (Wp)
 Imerys - Tuile Photovoltaic	Protecção Impermeabilização	Telha Cerâmica Vidro	1640x515	Poli Cristalina	55
 Kalzip - AluPlus Solar	Protecção Impermeabilização Isolamento Térmico	Alumínio	Comprimentos máximos de 5500	Filme Fino de Silício Amorfo	136
 PV Solar Energy - PV Solar Tile	Protecção Impermeabilização	Plástico Reforçado Vidro	1634x1600	Mono Cristalina Poli Cristalina	185
 Rheinzink - PV Standing Seam	Protecção Impermeabilização	Alumínio	4000x430	Filme Fino de Silício Amorfo	64
 Rheinzink - Quick Step	Protecção Impermeabilização Isolamento térmico	Alumínio Vidro	2000x365	Mono Cristalina	63






Quadro 3.5 (Continuação) – Compilação de sistemas fotovoltaicos destinados à integração em coberturas de edifícios

Modelo/Referência	Funcionalidades	Materiais Construtivos	Dimensões Máximas (mm)	Tecnologia Fotovoltaica	Potência Máxima (Wp)
 Romag - Powerglaz	Sombreamento  Controlo de Luminosidade  Isolamento Térmico	Vidro	4000x2200	Mono Cristalina  Poli Cristalina	Específica para cada projecto
 Sapa - Painel Fotovoltaico	Sombreamento  Controlo de Luminosidade  Isolamento Térmico  Protecção	Vidro  PVB	2400x5100	Mono Cristalina  Poli Cristalina  Filme Fino de Silício Amorfo	155
 Schott Solar - InDax 225	Protecção  Impermeabilização  Isolamento Térmico	Vidro  Alumínio	1769x999	Poli Cristalina	225
 Schott Solar - ASI Solar Glass	Sombreamento  Isolamento Térmico  Controlo de Luminosidade	Vidro	Não Especificado	Filme Fino de Silício Amorfo	Específica para cada projecto

Quadro 3.5 (Continuação) – Compilação de sistemas fotovoltaicos destinados à integração em coberturas de edifícios


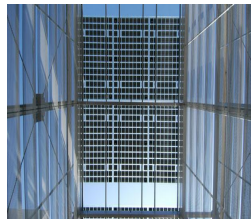
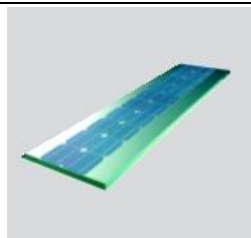


Modelo/Referência	Funcionalidades	Materiais Construtivos	Dimensões Máximas (mm)	Tecnologia Fotovoltaica	Potência Máxima (Wp)
 Schweizer Metallbau - Solrif	Protecção Impermeabilização	Alumínio Vidro	2000x2000	Mono Cristalina Poli Cristalina	Variável
 Solar Dachstein - Solar Roof Tile	Protecção Impermeabilização	Polymatrix Vidro	Variável	Poli Cristalina	12
 Solution Solar Technik - Insol PV20	Protecção Impermeabilização Isolamento Térmico	Alumínio Vidro	2030x1013	Poli Cristalina	242
 Solon - Black 160/05	Protecção Impermeabilização	Poliuretano Vidro	1750x850	Mono Cristalina	175
 SRS Energy - Sole Power Tile	Protecção Impermeabilização	Polímeros Termo-fixos	820x460	Filme Fino de Silício Amorfo	16

Quadro 3.5 (Continuação) – Compilação de sistemas fotovoltaicos destinados à integração em coberturas de edifícios


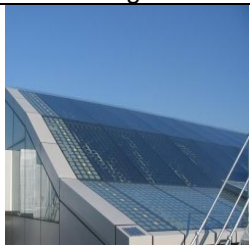



Modelo/Referência	Funcionalidades	Materiais Construtivos	Dimensões Máximas (mm)	Tecnologia Fotovoltaica	Potência Máxima (Wp)
 Suntech - Just Roof	Protecção Impermeabilização	Alumínio Vidro	1620x840	Mono Cristalina Poli Cristalina	180
 Systaic - Energy Roof	Protecção Impermeabilização Reaproveitamento de Calor	Poliuretano Vidro	1045X1045	Mono Cristalina Poli Cristalina Filme Fino de Silício Amorfo	130
 System Photonics - RTL CD/RTL CDW	Protecção Impermeabilização	Vidro Folha Cerâmica	1000x750	Mono Cristalina	45
 System Photonics - RTL CS	Protecção Impermeabilização	Vidro Folha Cerâmica	1000x750	Mono Cristalina	95
 Umbelino Monteiro - Solesia	Protecção Impermeabilização	Telha Cerâmica	1835x485	Mono Cristalina	85

Os sistemas destinados à integração em fachadas e os sistemas de somreamento fotovoltaico são os que se seguem no Quadro 3.6.




Quadro 3.6 – Compilação de sistemas fotovoltaicos destinados à integração em fachadas de edifícios

Modelo/Referência	Funcionalidades	Materiais Construtivos	Dimensões Máximas (mm)	Tecnologia Fotovoltaica	Potência Máxima (Wp)
 <p>3S - Fotovoltaic Facade</p>	Protecção Isolamento Térmico	Vidro Folha de Antracite	3500x2000	Mono Cristalina Poli Cristalina	420
 <p>3S - Photovoltaic Glass Laminare</p>	Sombreamento Controlo de Luminosidade Isolamento Térmico	Vidro	3500x2000	Mono Cristalina Poli Cristalina	420
 <p>Colt - Photovoltaic Shading System</p>	Sombreamento Controlo de Luminosidade Isolamento Térmico	Vidro	3000x500	Mono Cristalina Poli Cristalina	Específica para cada projecto
 <p>Kalzip - AluPlus Solar</p>	Protecção Impermeabilização Isolamento Térmico	Alumínio	Comprimentos máximos até 5500	Filme Fino de Silício Amorfo	136
 <p>Power Quant - PQ120D</p>	Protecção Isolamento Térmico	Alumínio	990x990	Poli Cristalina	120

Quadro 3.6 (Continuação) – Compilação de sistemas fotovoltaicos destinados à integração em fachadas de edifícios

Modelo/Referência	Funcionalidades	Materiais Construtivos	Dimensões Máximas (mm)	Tecnologia Fotovoltaica	Potência Máxima (Wp)
 RheinZink - PV Standing Seam	Protecção Impermeabilização	Alumínio	4000x430	Filme Fino de Silício Amorfo	64
 Roamg - Powerglaz	Sombreamento Controlo de Luminosidade Isolamento Térmico	Vidro	4000x2200	Mono Cristalina Poli Cristalina	Específica para cada projecto
 Schott Solar - ASI Solar Glass	Sombreamento Isolamento Térmico Controlo de Luminosidade	Vidro	Não Especificado	Filme Fino de Silício Amorfo	Específica para cada projecto
 Suntech - See Thru	Sombreamento Controlo de Luminosidade Isolamento Térmico	Vidro	980x950	Filme Fino de Silício Amorfo	52
 Suntech - Light Thru	Sombreamento Controlo de Luminosidade Isolamento Térmico	Vidro	3000x2000	Mono Cristalina Poli Cristalina	509

Quadro 3.6 (Continuação) – Compilação de sistemas fotovoltaicos destinados à integração em fachadas de edifícios

Modelo/Referência	Funcionalidades	Materiais Construtivos	Dimensões Máximas (mm)	Tecnologia Fotovoltaica	Potência Máxima (Wp)
 Sunways - SM 215L	Protecção Isolamento Térmico	Vidro Poliéster	1674x984	Mono Cristalina	235
 System Photonics - SPL AA	Protecção Impermeabilização	Vidro Folha Cerâmica	1000x1000	Mono Cristalina	135
 System Photonics - SPL BA	Protecção Impermeabilização	Vidro Folha Cerâmica	1500x1000	Mono Cristalina	205

### 3.5. ANÁLISE SOBRE O PANORAMA ACTUAL

O mercado actualmente apresenta uma grande variedade de oferta, com produtos construídos a partir de diferentes materiais e destinados às mais variadas funcionalidades, que oferecem um grande campo de aplicação. O sector tem apresentado um crescimento bastante favorável, com empresas constantemente a surgirem com novas soluções e sistemas, tirando proveito do rápido avanço tecnológico dentro do sector. Analisando a origem dos fabricantes verifica-se que este tipo de tecnologias se encontram mais disseminadas em países da Europa central como a Alemanha, o Reino Unido ou a Suíça e com os Estados Unidos da América a afirmarem-se como um dos países emergentes no mercado, com um grande número de novas empresas. Nos sistemas de fachada, em grande parte aplicáveis a fachadas envidraçadas ou do tipo muro cortina (ou seja, sujeitas apenas ao seu peso próprio), os materiais predominantes parecem ser o vidro e o alumínio, essencialmente devido às suas propriedades de protecção e leveza, o que facilita o transporte e instalação. Em fachadas metálicas, os produtos recomendados utilizam frequentemente painéis de alumínio em sistemas de montagem universais como material de construção e protecção, aos quais são unidos módulos de tecnologia de filme fino, de forma a se obter um produto flexível, capaz de se adaptar a

diferentes formas de construções. Noutros casos o alumínio serve apenas de moldura de suporte aos módulos fotovoltaicos, com os próprios módulos laminados em vidro a desempenharem as funções estéticas e de protecção. Os vidros fotovoltaicos oferecem uma grande variedade de funcionalidades, e usualmente são fabricados em dimensões especificadas pelos projectistas, com a vantagem de poderem ser incorporados nos edifícios como se de envidraçados normais se tratassem, sem que sejam tomadas medidas construtivas excepcionais. Este tipo de sistemas além de produzirem energia, podem ainda servir de isolamento térmico para a fachada e regular a luminosidade para o interior do edifício. Podem ser construídos como vidro simples, duplo, com vidro de segurança, etc. e podem incorporar neles qualquer uma das diferentes tecnologias (monocristalino, policristalino ou filme fino) o que permite diferentes acabamentos. Assim, vidros com a tecnologia de filme fino permitem a aparência de vidro tingido, com empresas a disponibilizarem várias colorações possíveis para o elemento, sendo que este tipo de tecnologia permite também ajustar o grau de transparência do vidro e oferece excelente protecção da radiação solar (térmica e contra os raios UV). Quando no vidro são encapsuladas células mono ou policristalinas, a sua configuração espacial define o grau de luminosidade que atravessa o vidro e o sombreamento. Existem sistemas de sombreamento que podem ser instalados como palas no edifício, com sistemas autónomos que permitem variar a sua inclinação conforme a posição do Sol de forma a obter melhores rendimentos energéticos.

Os sistemas de cobertura compreendem uma gama mais vasta de materiais de construção desde telhas cerâmicas, a alumínio, a certos tipos de plásticos ou polímeros. Normalmente os módulos de tecnologia mono e policristalina são laminados a vidro de forma a oferecerem condições de resistência e durabilidade contra os factores atmosféricos. O vidro, normalmente com uma película anti-reflexo, protege as células fotovoltaicas, da humidade, de poeiras, da neve, etc. garantindo o seu óptimo estado de conservação de forma a que as suas propriedades e rendimento não sejam afectados ao longo do seu tempo de vida. A tendência nos sistemas de cobertura, especialmente nos vocacionados para o sector residencial, é a normalização das dimensões dos módulos. Muitas empresas comercializam os seus módulos numa gama de dimensões pré-definidas e há até empresas que comercializam os seus sistemas em pacotes do tipo chave na mão, tendo por base a potência do conjunto (por exemplo, a Umbelino Monteiro comercializa as telhas Solesia em pacotes de 24, 32 ou 42 telhas fotovoltaicas, com potências de 2040 Wp, 2720 Wp e 3750 Wp, respectivamente). Começam também a dar-se importantes passos para a uniformização no sector, com algumas empresas a surgir que apenas comercializam sistemas de montagem universais que se adaptam a diferentes módulos fotovoltaicos, previamente testados com o sistema, que podem ser seleccionados pelo cliente. Esses sistemas normalmente consistem em perfis que actuam como moldura de suporte aos módulos e acoplamento à estrutura da cobertura.

A maioria dos produtos que substituem os materiais convencionais de revestimento de coberturas, utilizam módulos laminados em vidro e molduras de suporte estanques para oferecer protecção e isolamento, utilizando tecnologias de mono e poli cristalino que garantem um alto rendimento. Têm surgido várias empresas que passam a incorporar os próprios módulos em materiais convencionais como telhas ou painéis metálicos, garantindo em termos estéticos uma integração mais homogénea do sistema na envolvente do edifício, sendo possível até integrar os módulos em vários modelos comerciais tradicionais característicos de certas regiões. A utilização de sistemas fotovoltaicos integrados em coberturas pode conduzir a melhores eficiências pois o sistema seguirá a inclinação da cobertura do edifício, que em princípio se aproximará mais da inclinação óptima, que garante o melhor rendimento para o sistema. A inclinação óptima varia conforme a latitude do local onde o edifício se insere.

Alguns sistemas de cobertura permitem ainda a instalação de sistemas adicionais que permitem o reaproveitamento do calor residual produzido pelas células fotovoltaicas para o aproveitamento no aquecimento de águas sanitárias e aquecimento do ar.



# 4

## CONCLUSÃO

### 4.1. CONCLUSÕES

A energia fotovoltaica no geral, apresenta vários benefícios em termos ambientais e económicos que não podem ser ignorados. Esta fonte renovável de energia assume-se como uma tecnologia limpa, com zero emissões de gases de efeito estufa ou quaisquer outros, e silenciosa que será um dos principais veículos de forma que Portugal consiga baixar as suas emissões de gases de efeito estufa e ao mesmo tempo, reduzir a sua dependência energética. Apesar da energia fotovoltaica em si ser uma fonte renovável, existem preocupações quanto à sua sustentabilidade pois os materiais a partir dos quais são fabricados os módulos fotovoltaicos não o são. Contudo os módulos fotovoltaicos hoje em dia garantem o seu funcionamento e fiabilidade durante períodos de 20 a 25 anos, com algum prejuízo para as características técnicas é certo, pois a maior parte dos fornecedores refere que pelo final deste período o módulo funcionará apenas a pelo menos 80% da sua eficiência original. Além de duráveis, grande parte dos materiais que compõem os módulos fotovoltaicos são recicláveis o que ajuda também em parte a colmatar o problema associado ao dispêndio de recursos no seu fabrico.

Ao nível de produção de energia, os módulos fotovoltaicos são soluções bastante atractivas, especialmente em ambientes rurais desconectados da rede, onde não é possível o abastecimento de electricidade, pois incorporando nos sistemas baterias e reguladores de carga é possível armazenar a energia produzida em excesso para o uso posterior, e dado os avanços tecnológicos recentes no sector, que permitem a produção em condições ambientais menos favoráveis, como de fraca luminosidade ou sob nevoeiro, a instalação deste tipo de tecnologia não estará à partida limitada por certas condicionantes requeridas por outro tipo de equipamentos. Dado o quadro actual legislativo vigente em Portugal, é bastante favorável a instalação de sistemas deste género conectados à rede, dado que através do programa “Renováveis na Hora”, este será o tipo de tecnologia com melhores taxas de remuneração, com o prejuízo de toda a energia produzida ter de ser fornecida a rede. A inclusão deste tipo de sistemas em edifícios para fornecimento de parte das suas necessidades energéticas, caso muito pouco comum em Portugal, é benéfico na medida em ajuda a diminuir as necessidades energéticas do edificado, tornando o edifício até um certo grau auto-suficiente, e dado que a instalação é feita junto da fonte de consumo, permite eliminar grande parte das perdas de energia verificadas no transporte e distribuição de energia através da rede de distribuição, contribuindo para o aumento de eficiência da distribuição energética e para o avanço para um modelo descentralizado de produção.

As grandes vantagens que oferece o sector da integração destes sistemas na envolvente de edifícios, são maioritariamente económicas e estéticas. Comparativamente com os sistemas fotovoltaicos tradicionais, instalados através de estruturas de suporte, normalmente sobre a cobertura ou em zonas do terreno não utilizadas, este tipo emergente de sistemas fotovoltaicos adquire a dupla função de

revestimento e produção de energia, sem prejuízo para as características de protecção do edifício e ainda requer um grau de manutenção bastante reduzido quando comparado com esses sistemas tradicionais, o que significa que além das vantagens económicas acrescidas que este pormenor oferece é ainda mais facilmente garantido o rendimento energético dos painéis. Dado à já grande variedade de oferta, existem sistemas que se integram em coberturas ou fachadas, substituindo os materiais mais convencionais de revestimento, e daí surge a grande vantagem económica deste tipo de tecnologia pois permite um retorno do investimento mais rápido e um custo de instalação ligeiramente reduzido, já que ao eliminar a necessidade desses materiais convencionais no local da envolvente do edifício onde se inserem, permitem eliminar os custos associados à sua instalação, fazendo proveito desses fundos para a compra de um material que ao mesmo tempo oferece protecção e revestimento e produz energia. A oferta é grande, desde materiais que incorporam cerâmicos, a metálicos, a envidraçados, a plásticos e até materiais transparentes, os avanços tecnológicos na ciência dos materiais e o desenvolvimento de novas tecnologias fotovoltaicas permitem que os sistemas se integrem de forma quase imperceptível em vários tipos de construções, sendo possível já hoje a escolha dos materiais construtivos que acompanham o sistema, do próprio tipo de células e até a sua coloração, quase sem prejuízo para o seu rendimento energético. Além do apelo estético, os módulos são revestidos por materiais bastante duráveis e resistentes, sendo possível até a instalação em regiões com climas mais abrasivos, existindo até exemplos da integração destes sistemas em locais onde normalmente se prevê a ocorrência de neve. Acompanhada desta função de protecção os módulos oferecem também protecção térmica e acústica e é possível até ajustar as características dos módulos para satisfazerem os requisitos térmicos de uma fachada, como é o caso dos painéis contidos em envidraçados, contudo exige-se um maior empenho na certificação deste tipo de produtos, e até um enquadramento regulamentar mais restrito para este tipo de equipamentos de modo a que a aposta possa ser feita na qualidade e na certificação das empresas.

Projectos de investigação e desenvolvimento em progresso, como é o caso do projecto Solar Tiles, prometem introduzir no mercado novos materiais construtivos, que providenciem uma integração arquitectónica ainda mais homogénea, e ainda desenvolver novas tecnologias filmes finos que garantam melhores eficiências e rendimento. O projecto ainda se propõe a desenvolver novos métodos de fabrico, mais limpos e eficazes, que permitam a diminuição de resíduos gerados no fabrico destes módulos.

Tal como foi sendo referido ao longo deste trabalho, o mercado dos fotovoltaicos é um dos que apresenta o crescimento mais rápido dentro das energias renováveis, daí que seja espectável uma diminuição dos custos associados a esta tecnologia graças à melhoria do processo de fabrico e aumento de produção, e até ao aparecimento de novos materiais e processos de fabrico que permitirão reduzir ainda mais esses custos e variar a oferta.

#### **4.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

Actualmente o número de produtos certificados neste segmento de mercado é ainda baixo, isto pode dever-se a alguns factores: à falta de instituições acreditadas que possam atestar a certificação do produto e ao muito recente enquadramento legislativo. Na Europa existem já algumas instituições a levarem a cabo a certificação deste tipo de produtos, contudo grande parte deles é analisado segundo segmentos separados, por exemplo, o mesmo produto é submetido a ensaios para avaliar as suas características eléctricas, depois noutra instituição é submetido a ensaios para avaliar as suas características mecânicas e assim sucessivamente. Dado à crescente oferta de mercado seria justificável a concepção de mecanismos de forma a simplificar este processo de certificação.

Em Portugal o uso deste tipo de tecnologia integrada em edifícios é muito pouco comum, e isto pode dever-se a vários factores, sendo necessária uma análise concreta que permitisse tirar conclusões mais precisas sobre as razões para tal cenário. Contudo alguns dos factores apontados passam pela falta de conhecimento dos projectistas do tipo de soluções disponíveis no mercado europeu, a falta de sensibilização das empresas para o uso de tecnologias renováveis e para a redução dos consumos energéticos das suas construções no geral, a falta de incentivos fiscais e financeiros, a falta de divulgação deste tipo de produtos em projectos de referência, nomeadamente em edifícios em públicos, a falta de oferta no mercado nacional e ainda o elevado custo comparado com a eficiência energética desta tecnologia.

De forma a aumentar a eficiência energética deste tipo de tecnologia tem-se investigado o fabrico de células fotovoltaicas com novos materiais, com melhores propriedades ópticas e até mecânicas que o silício, que permitem melhores rendimentos e garantem a durabilidade das células e a conservação dessas mesmas propriedades ópticas, contudo vários dos novos materiais não têm chegado a produção devido a vários factores, como por exemplo o seu elevado custo ou o perigo que representam para a saúde. Com o novo domínio da nanotecnologia e das novas técnicas de deposição, que permitem a colocação de camadas muito finas de material fotovoltaico sobre substratos, ajudando bastante ao apelo estético desta tecnologia (que é apontado muitas vezes como um dos entraves à sua utilização em residências), é possível manter a forma e o aspecto em geral desse mesmo material, e portanto seria de elevado interesse diversificar o tipo de soluções presentes no mercado através da investigação de novos materiais base e alargar também o campo de aplicação deste tipo de produtos. A investigação de métodos que permitissem a coloração do material fotovoltaico (algumas colorações já estão hoje disponíveis) seria também outro forte impulsionador à utilização deste tipo de materiais. Outro factor que merece ser objecto de investigação são os restantes componentes que acompanham as células fotovoltaicas (baterias, reguladores, etc) que não têm a durabilidade das células fotovoltaicas, já que o período de vida destes (mais ou menos 5 anos) fica bastante aquém do período de vida de uma célula (20 a 25 anos), o que significa que actualmente se incorrem em custos de manutenção para este tipo de sistemas, principalmente por reposição, que não podem ser ignorados.



## BIBLIOGRAFIA

Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, *Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development*, Oxford University Press, 1987

Câmara da Indústria da Construção, *Guia de Sustentabilidade na Construção*, Belo Horizonte:FIEMG, 2008

Comissão Europeia, *Sustainable development in the European Union – 2009 monitoring report of the EU sustainable development strategy*, Office for Official Publications of the European Communities, 2009

<http://www.nssd.net>, 5/12/2009

Stefan Nowak, *Annual report 2008 - Implementing Agreement on Photovoltaic Power Systems*, International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme, 2009

<http://www.renovaveisnagora.pt>, 7/12/2009

<http://www.dgge.pt>, 15/12/2009

<http://www.iea.org>, 16/12/2009

Hugo Silva, Marcos Afonso, *Energia Solar Fotovoltaica: Contributo para um Roadmapping do seu Desenvolvimento Tecnológico*, Trabalho realizado sob orientação do Prof. António Brandão Moniz para a disciplina “Socioeconomia da Inovação”, Mestrado Engenharia Integrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2009

Josué Morais, *Sistemas Fotovoltaicos – Da Teoria à Prática*, Engebook, 2009

Rui M. G. Castro, *Energias Renováveis e Produção Descentralizada – Introdução à Energia Fotovoltaica*, Universidade Técnica de Lisboa, 2008

Patrina Eiffert, Gregory J. Kiss, *Building Integrated Photovoltaics – Designs for Commercial and Institutional Structures*, 2000

P. D. Maycock, *One million roofs for the US*, *PV News*, Vol. 16, 1997

<http://vteixeira.com.sapo.pt>, 05/01/2010

<http://www.3-s.ch>, 15/12/2009

<http://www.alwittra.co.uk>, 15/12/2009

<http://www.atlantisenergy.com>, 16/12/2009

<http://www.coltinfo.co.uk/>, 16/12/2009

<http://www.creative-solar-systems.com>, 16/12/2009

<http://www.imerys-toiture.com>, 16/12/2009

<http://www.kalzip.com>, 16/12/2009

<http://www.powerquant.com>, 17/12/2009

<http://www.pvsolar.com.au>, 17/12/2009

<http://www.rheinzink.co.uk>, 17/12/2009

<http://www.romag.co.uk>, 17/12/2009  
<http://www.sapa-solar.com>, 18/12/2009  
<http://www.schottsolar.com>, 19/12/2009  
<http://www.schweizer-metallbau.ch>, 19/12/2009  
<http://www.solardachstein.com>, 20/12/2009  
<http://www.sol-ution.com>, 21/12/2009  
<http://www.solon.com>, 21/12/2009  
<http://www.srsenergy.com>, 21/12/2009  
<http://www.suntech-power.com/>, 22/12/2009  
<http://www.sunways.eu/de/>, 23/12/2009  
<http://www.systaic.de>, 23/12/2009  
<http://www.system-photonics.com/>, 23/12/2009  
<http://www.umbelino.pt>, 26/12/2009