

# instalação de micro-geração fotovoltaica – caso de estudo

A micro-geração tem como objectivo a produção de energia eléctrica em pequena escala no local do seu consumo final, através de tecnologias de produção baseadas em sistemas fotovoltaicos. Este trabalho apresenta os dados técnicos de uma instalação de micro-geração fotovoltaica localizada na Covilhã, Portugal. Esta é uma área em Portugal com um excelente recurso solar. É apresentada uma descrição da instalação e os principais componentes do sistema. São apresentados também os valores da produção de energia e o retorno económico da instalação.

**Palavras-chave:** micro-geração, energia fotovoltaica, produção de energia, retorno económico.

S. Saraiva, R. Melício, J.P.S. Catalão, J.C.O. Matias, C. Cabrita  
UBI – Universidade da Beira Interior  
catalao@ubi.pt

## 1. Introdução

O sistema fotovoltaico converte directamente a energia associada à radiação solar em energia eléctrica. A célula solar é o elemento principal do sistema fotovoltaico. As células solares utilizam como material de base o silício monocristalino ou o silício policristalino e apenas mais recentemente apareceram as células de silício amorfo [1].

As células solares são agrupadas em matrizes e módulos também denominados painéis solares. Uma matriz fotovoltaica pode ser um módulo ou um conjunto de módulos ligados em série ou em paralelo, para formar sistemas fotovoltaicos de valor de potência desejado [1]. Os sistemas fotovoltaicos de pequenos valores de potência estão no âmbito da actividade da micro-geração.

A actividade da micro-geração tem como objectivo a produção de energia eléctrica em pequena escala no local do seu consumo final, utilizando sistemas fotovoltaicos ou eólicos. A configuração típica de um sistema de micro-geração fotovoltaica é apresentada na Figura 1.

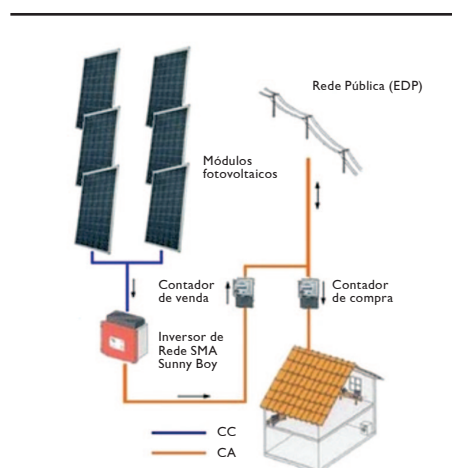
Em Portugal o regime jurídico aplicável à actividade da micro-geração é o Decreto-Lei

n.º 118-A/2010 do Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento. Este diploma cria as condições para produzir mais energia eléctrica em Baixa Tensão (BT) a pequena escala no local do seu consumo final, define o papel das várias entidades envolvidas na micro-geração, os requisitos para o licenciamento das instalações e o valor da tarifa subsidiada aplicável a cada tecnologia. Cabe destacar no diploma a obrigatoriedade para a generalidade dos comercializadores

comprar a energia eléctrica produzida pelas instalações de micro-geração.

Têm acesso à micro-geração todas as entidades, nomeadamente, pessoas, empresas, condomínios e entidades públicas que disponham de um contrato de fornecimento de electricidade em BT e a potência da instalação não seja superior a 50 % da potência contratada. O processo de licenciamento de uma instalação de micro-produção passa pelo registo no *website* criado pela Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), criado especialmente para o efeito [3].

Uma vez que a viabilidade do registo é confirmada pela DGEG, o micro-produtor dispõe de quatro meses para proceder à instalação do sistema de micro-geração e requerer a respectiva inspecção, no caso das entidades públicas o prazo é de oito meses. A atribuição do certificado de exploração da instalação e celebração do contrato de compra e venda de electricidade está dependente do resultado da inspecção. Após a obtenção do certificado de exploração, para a ligação da instalação de micro-produção à Rede Eléctrica de Serviço Público (RESP), o micro-produtor deve celebrar um contrato de venda de electricidade com um comercializador.



**Figura 1** Configuração típica de um sistema de micro-geração fotovoltaica [2].

A legislação prevê a atribuição do regime de tarifas bonificadas a instalações de micro-geração baseadas em determinadas tecnologias, desde que tenham potências iguais ou inferiores a 3.68 kW. O diploma limita a 25 MW a potência total dos sistemas de micro-geração que podem ser ligados à RESP em cada ano no regime bonificado. Sendo esta decisão um limite à quantidade de instalações de micro-geração que podem ser licenciadas [3].

A energia produzida por um sistema de micro-geração é totalmente vendida ao comercializador, a uma tarifa que depende da tecnologia de produção empregue e da tarifa bonificada que estiver em vigor na altura do registo da instalação. Para os sistemas fotovoltaicos o diploma estabeleceu para 2010 uma tarifa bonificada de 40 centimos/kWh, aplicável aos primeiros sistemas que foram registados até à potência total de 25 MW, e cada ano que passa a tarifa é reduzida em 2 centimos/kWh [3].

Tendo em conta o valor da tarifa e os custos de instalação associados às diferentes tecnologias de micro-geração, actualmente a solução mais rentável corresponde à micro-geração fotovoltaica. A energia produzida a partir de sistemas fotovoltaicos é vendida a aproximadamente três vezes o preço de consumo de electricidade para clientes finais de BT.

A tarifa inicial, estabelecida no momento do registo da instalação de micro-geração, é garantida durante os primeiros oito anos de funcionamento. Após esse período e durante os sete anos subsequentes, a tarifa bonificada passa a ser de 24 centimos/kWh (valor válido para instalações registadas em 2010). Após os primeiros quinze anos da instalação a tarifa de venda será, em cada ano, igual à tarifa de compra de electricidade em BT. A qualquer momento o micro-produtor pode optar por passar do regime bonificado para o regime geral, o que poderá ser vantajoso após alguns anos, caso o preço de consumo de electricidade aumente acentuadamente [3].

## 2. Caso de Estudo

Este trabalho apresenta os dados técnicos de uma instalação de micro-geração foto-

voltáica autónoma, localizada na Covilhã, Portugal. A Covilhã apresenta um excelente recurso solar.

A instalação foi registada em Julho de 2009 para uma potência nominal instalada de 3.68 kW, sob o regime tarifário bonificado. No local da instalação o comercializador é a EDP. A matriz solar da instalação de micro-geração fotovoltaica é apresentada na Figura 2. A energia produzida pela instalação de micro-geração é totalmente vendida ao comercializador a uma tarifa de 61,75 centimos/kWh.

A instalação é constituída por 24 módulos fotovoltaicos (de 72 células solares cada um) e uma potência nominal instalada de 3,68 kW. As matrizes fotovoltaicas encontram-se na zona frontal da residência. O sistema de monitorização, o inversor e demais componentes do sistema estão localizados junto dos painéis fotovoltaicos.

## 3. Componentes da Instalação Fotovoltaica

### 3.1. Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos são constituídos por células de silício monocristalino. A Tabela 1



**Figura 2** A matriz fotovoltaica da instalação de micro-geração localizada na Covilhã.

resume as características dos módulos de silício monocristalinos Chaori CRM-180 [4]. As características I-V do módulo Chaori CRM-180 são apresentadas na Figura 3. As características P-V são apresentadas na Figura 4.

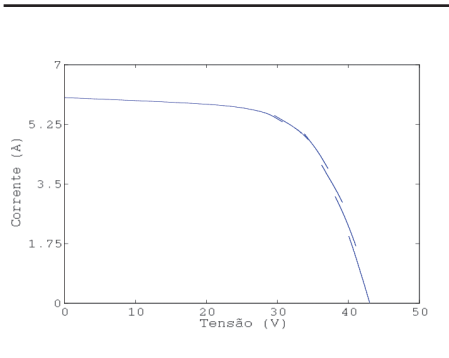
### 3.2. Inversor Fotovoltaico

As matrizes fotovoltaicas geram uma corrente contínua (DC). Uma vez que a maioria dos aparelhos domésticos utilizam corrente alternada (AC), o inversor é um conversor de frequência para converter a corrente contínua em corrente alternada. O inversor fotovoltaico utilizado na instalação de micro-geração fotovoltaica é da marca SMA e modelo Sunny Boy 3800/v.

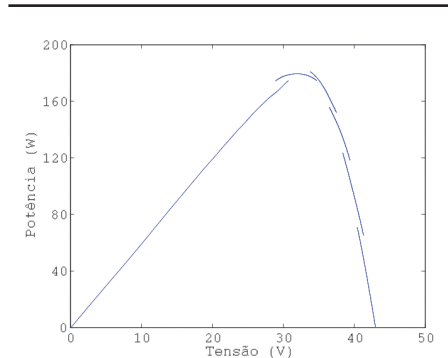
Parâmetro	Módulo fotovoltaico
Potência nominal $P_{max}$	180 W
Tolerância	+2 %
Tensão no ponto de máxima potência ( $V_{mp}$ )	35 V
Corrente no ponto de máxima potência ( $I_{mp}$ )	5,15 A
Tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ )	43 V
Corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ )	5,58 A
Tensão máxima do sistema	1.000 V
Eficiência do módulo	14,1 %
Coefficiente de temperatura de tensão de circuito aberto $V_{oc}$	-0,146 %/° K
Coefficiente de temperatura de corrente de curto-circuito $I_{sc}$	4,7 %/°K
Coefficiente de temperatura de potência $P_{max}$	-0,39 %/° K
NOCT	45° C
Células solares	72
Dimensão da célula	125 x 125 mm
Dimensões do módulo	1580 x 808 x 46 mm
Peso	15 Kg

**Tabela 1** Características dos módulos fotovoltaicos Chaori CRM-180.

INSTALAÇÃO DE MICRO-GERAÇÃO FOTOVOLTAICA – CASO DE ESTUDO



**Figura 3** Características I-V do módulo Chaori CRM-180.



**Figura 4** Características P-V do módulo Chaori CRM-180.

O inversor fotovoltaico utilizado na instalação de micro-geração fotovoltaica na Covilhã, Portugal, é apresentado na Figura 5. A localização do inversor é na estrutura da matriz fotovoltaica e está representada na Figura 6. A Tabela 2 resume as características do inversor SMA Sunny Boy [5].



**Figura 5** O inversor fotovoltaico utilizado na instalação de microgeração fotovoltaica [5].



**Figura 6** O inversor fotovoltaico está localizado na estrutura da matriz fotovoltaica, debaixo dos módulos fotovoltaicos.

Parâmetro	Inversor fotovoltaico
Potência DC máx.	3.900 W
Tensão DC máx.	500 V
Amplitude de tensão fotovoltaica, MPPT	200 V – 400 V
Corrente máx. de entrada/por string	20 A/16 A
Número de rastreadores (MPP)/Número máx. de strings (paralelos)	1/3
Potência nominal AC	3.680 W
Potência máx. CA	3.680 W
Corrente máx. de saída	16 A
Tensão nominal CA/âmbito	220, 230, 240 V; 180 V – 265 V
Frequência de rede CA (auto-ajustada)/âmbito	50,60 Hz; ± 4,5 Hz
Factor desempenho (cos φ)	1
Grau de rendimento máx/Euro-Eta	95,6 %/94,7 %

**Tabela 2** Características do inversor fotovoltaico SMA Sunny Boy.

**3.3. Contador de energia**

A energia injectada na RESP pelo sistema de micro-geração é contabilizada por um contador trifásico com um *modem* GSM por telecontagem da energia produzida. O contador de energia utilizado na instalação de micro-geração fotovoltaica é o AI800Alpha. O contador utilizado no sistema, é apresentado na Figura 7.



**Figura 7** Contador de energia [6].

**3.4. Regulador de Carga e Seguidor de Potência Máxima (MPPT)**

Para a utilização de um sistema autónomo é necessária a utilização do regulador de carga do banco de baterias. A função do regulador de carga passa por proteger o banco de bateria das sobrecargas. As baterias são componentes caros, para maximizar o seu tempo de vida útil, o regulador de carga evita que entrem em sobrecargas ou subcargas. O regulador de carga instalado no sistema é apresentado na Figura 8.

**3.5. Banco de Baterias**

O tempo de vida útil do banco de baterias depende do número de ciclos carga/descarga.

Quanto maior for a profundidade da descarga, menor será o tempo de vida útil. O preço das baterias utilizadas em sistemas fotovoltaicos é superior ao preço das baterias dos veículos automóveis, contudo apresentam um tempo de vida superior e menor o número de descargas. As baterias utilizadas no sistema fotovoltaico são do tipo PVX-1040T. A bateria utilizada no sistema é apresentada na Figura 9.



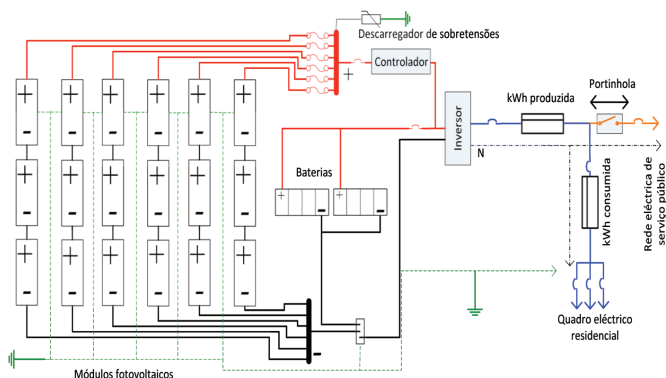
**Figura 8** O regulador de carga com seguidor de potência máxima incorporado [7].



**Figura 9** A bateria [8].

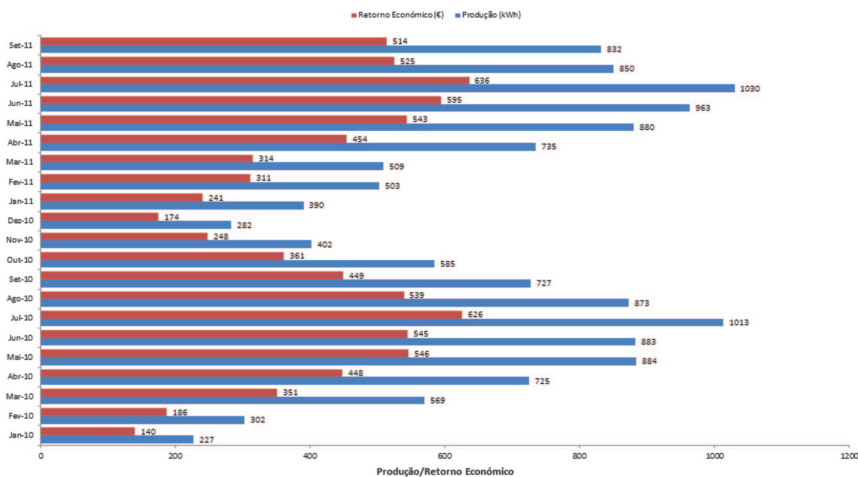
### 3.6. Esquema eléctrico

O esquema eléctrico de ligações do sistema é apresentado na Figura 10.



**Figura 10** Esquema eléctrico de ligações do sistema de micro-geração fotovoltaica.

Na instalação do sistema foram respeitadas as disposições estabelecidas pelo Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão, as Novas Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão e as Soluções Técnicas Normalizadas da EDP Distribuição.



**Figura 11** A energia produzida pelo sistema de micro-geração fotovoltaico desde Janeiro de 2010 a Setembro de 2011.

### 4. Monitorização do Sistema

A monitorização e o controlo do sistema fotovoltaico são importantes para o bom desempenho do sistema. A energia produzida e o retorno económico proveniente do sistema fotovoltaico entre Janeiro de 2010 e Setembro de 2011 são apresentados na Figura 11.

A produção total acumulada é de 14.164 kWh, correspondendo a um total de cerca de € 8.746.

O tempo da radiação solar foi de 7.706 h, em 622 dias de produção. A Tabela 3 resume os dados reais provenientes do sistema de micro-geração.

Total de Energia Acumulada	14.164 kWh
Total de dias de serviço	622
Total de horas de serviço	7.706
Média de produção mensal	674,48 kWh
Média de produção diária	22,77 kWh
Média de horas de serviço diárias	12,39
Retorno de produção acumulada	8.746 €
Retorno de produção mensal	416,49 €
Retorno de produção diária	14,06 €

**Tabela 3** Dados do sistema de micro-geração.

A instalação fotovoltaica representou um investimento da ordem dos € 23.000. Em média, o retorno tem sido de € 5.000/ano, sendo que nos primeiros cinco anos de funcionamento, a tarifa da energia é inalterada. Assim, o investimento será amortizado em cinco anos. [16]

### Referências

- (1) Castro, R., Uma Introdução às Energias Renováveis: Eólica, Fotovoltaica e Mini-hídrica. Lisboa, Portugal: IST Press, 2011;
- (2) Technical information online [Online]. Disponível em: <http://tissfoto.blogspot.com/p/objectivos-painéis-solares.html>;
- (3) Decreto-Lei n.º 118-A/2010 do Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, Diário da República, 1.ª série — N.º 207, Lisboa, Portugal, 25 de Outubro de 2010;
- (4) Possharp [Online]. Disponível em: [http://www.פשר.com/crm-180s-mono-solar-panel-from-chaori-solar-energy\\_p1952094443d.aspx](http://www.פשר.com/crm-180s-mono-solar-panel-from-chaori-solar-energy_p1952094443d.aspx);
- (5) SMA Solar Technology [Online]. Disponível em: <http://www.sma.de/en/products/solar-inverters/sunny-boy/sunny-boy-3300-3800.html>;
- (6) AI800Alpha meter [Online]. Disponível em: <http://www.elstermetering.com/en/925.html>;
- (7) Charge controller [Online]. Disponível em: <http://homepower.com/basics/solar/>;
- (8) PVX-1040T Solar Battery [Online]. Disponível em: <http://www.sunxtender.com/solarbattery.php?id=8>.