



Faculdade de Economia da
Universidade de Coimbra

Mestrado em Economia Local

“A microgeração e o *Poder Local*”

Tânia Alexandra Figueiredo Duarte

Trabalho de projecto de investigação orientado por: Professor Doutor Luís Cruz

Fevereiro de 2010

Resumo

A microgeração pode ser entendida, genericamente, como um meio para produção de energia através de instalações de pequena escala, utilizando fontes de energia renováveis ou processos de conversão de elevada eficiência energética. É possível a sua utilização por indivíduos, pequenas empresas e comunidades, ou mesmo por entidades públicas, para satisfação das suas próprias necessidades energéticas. A microgeração apresenta um forte potencial de redução da respectiva factura energética e, simultaneamente, de contribuição para a redução da emissão de gases com efeito de estufa (GEE). Porém, factores como o desconhecimento das tecnologias existentes pela generalidade dos indivíduos, alguma incerteza acerca daqueles que serão os reais custos e proveitos que daí poderão resultar, bem como algumas limitações e imposições legais, têm contribuído para que a microgeração seja ainda pouco expressiva.

Com este trabalho pretende-se efectuar uma breve caracterização da microgeração, com particular relevo para o caso português, assim como contribuir para a discussão de qual poderá ser o papel dos governos locais na utilização e promoção da microgeração. A título exemplificativo da microgeração ao nível local apresenta-se a aplicação de painéis solares térmicos e fotovoltaicos ao complexo de piscinas municipais do Município de Montemor-o-Velho.

Palavras-Chave: Governos locais (H76); energia e políticas públicas (Q48).

Índice

1. Introdução.....	1
2. A Microgeração	2
2.1. Conceito	3
2.2. Tecnologias disponíveis.....	3
2.2.1. Energia solar (fotovoltaica e térmica)	4
2.2.2. Micro-eólicas.....	5
2.2.3. Mini-hídricas	5
2.2.4. Biomassa	6
2.3. Regimes de utilização/organização	6
2.3.1. “Ligar e Usar”	7
2.3.2. “Controlo da Empresa”	7
2.3.3. “Micro-rede de Comunidade”	7
2.3.4. Outros regimes	8
2.4. Vantagens e limites da microgeração	8
2.4.1. Vantagens	8
2.4.2. Limites.....	10
3. A microgeração em Portugal	11
3.1. Regime de produção (ordinário e especial).....	12
3.2. Regime remuneratório (geral e bonificado)	13
3.3. Processo de registo e reconhecimento.....	13
3.4. A tarifa do regime bonificado	14
3.5. Incentivos de natureza fiscal	16
3.6. Os “números” da microgeração em Portugal	18
4. Pistas para o papel do Poder Local no fomento da microgeração em Portugal	20
5. A microgeração aplicada às piscinas municipais de Montemor-o-Velho	24
5.1. Características do complexo de piscinas	25
5.2. Consumo (histórico) de energia	25
5.3. Metodologia	28
5.4. Sistema Térmico.....	28
5.4.1. Análise energética	28

5.4.2. Análise económica.....	30
5.4.3. Análise ambiental	31
5.5. Sistema fotovoltaico	32
5.5.1. Análise energética	32
5.5.2. Análise económica.....	33
5.5.3. Análise ambiental	34
5.6. Resumo do impacto estimado dos sistemas solar térmico e fotovoltaico	34
6. Considerações Finais.....	35
7. Bibliografia.....	39
Anexo I.....	41

Lista de abreviaturas

ADENE – Agência para a Energia

AQS – Água Quente Sanitária

CO₂ – Dióxido de carbono

CO₂ eq/ano – Dióxido de carbono equivalente ao ano

DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia

GEE – Gases com efeito de estufa

GJ – Giga-joule

I&D – Investigação e Desenvolvimento

IRC – Imposto sobre os rendimentos das pessoas colectivas

IRS – Imposto sobre os rendimentos das pessoas singulares

IVA – Imposto sobre o valor acrescentado

ktep – Tonelada equivalente de petróleo

kW – Quilowatt

kWh – Quilowatt-hora

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

MW – Megawatt

QREN – Quadro de Referência Estratégico Nacional

SRM – Sistema de Registo de Microprodução

ton – Tonelada

VAL – Valor actual líquido

Lista de figuras

Figura 1: Diferentes regimes de utilização/organização da microgeração	8
Figura 2: Evolução da tarifa no regime bonificado	15
Figura 3: Registos em regime bonificado – tarifa de referência de 0,65€/kWh.....	19
Figura 4: Registos em regime bonificado – tarifa de referência de 0,6175€/kWh.....	19
Figura 5: Análise energética do sistema solar térmico	29
Figura 6: Optimização do sistema solar térmico	29
Figura 7: Análise económica do sistema solar térmico	30
Figura 8: Benefícios ambientais do sistema solar térmico	31
Figura 9: Análise energética do sistema solar fotovoltaico	32
Figura 10: Benefícios ambientais do sistema solar fotovoltaico.....	34

Lista de quadros

Quadro 1: Tarifa do regime bonificado a aplicar à energia produzida por unidades de microprodução em 2008.....	14
Quadro 2: Consumo de energia eléctrica no complexo de piscinas (2007-2009).....	26
Quadro 3: Consumo de gás natural do complexo de piscinas (2007-2009).....	27
Quadro 4: Resumo dos custos e poupanças do sistema de microgeração projectado	35

1. Introdução

A produção de energia limpa, barata e em quantidade suficiente para satisfazer as necessidades do consumo humano tem despoletado atenção crescente entre governos, consumidores, produtores e meios académicos. Existem sobretudo dois factores que contribuem para esse interesse. Por um lado, a dificuldade do lado da oferta em acompanhar a procura/consumo crescente de energia e, por outro, a forma como a maioria da energia que necessitamos é produzida, nomeadamente com recurso ao uso de combustíveis fósseis, que têm um forte impacto no ambiente.

O primeiro dos factores começou por ser a principal razão de preocupação dos governos. Nas últimas décadas têm-se desencadeado fortes dependências energéticas de um grande número de países face a um número reduzido de outros, com consequências económico-sociais sérias. Contudo, a preocupação ambiental e o impacto gerado pela utilização de combustíveis fósseis também têm vindo a dar lugar à criação de acordos que originam hoje uma pressão forte sobre as políticas governamentais.

Portugal é um dos muitos países onde se verifica uma forte dependência energética do exterior. De facto, considerando o ano de 2007, verifica-se que do total de energia primária consumida (25.375 ktep), 80% corresponde ao consumo de combustíveis fósseis, nomeadamente carvão, gás natural e petróleo (DGEG, 2007), recursos que Portugal não detém e que, como tal, necessita de importar. Destaque-se igualmente que a estrutura da produção de electricidade continua a assentar nestas fontes fósseis e que Portugal continua a necessitar de recorrer à importação (líquida) de electricidade. Assim, os sucessivos governos em Portugal confrontam-se com a necessidade de contrariar a dependência de energia eléctrica e de recursos fósseis face ao exterior, bem como de reduzir a poluição atmosférica (nomeadamente a emissão de GEE).

Deste modo, e no sentido de colmatar estes problemas de dependência energética – quer externa, quer de recursos fósseis – assinala-se a emergência de políticas nacionais (e Europeias) que procuram privilegiar a produção descentralizada de energia, em especial com recurso a fontes (endógenas) de energias renováveis. Vem-se assistindo a uma tendência para a aproximação da produção de energia ao consumidor final e até a de permitir a venda de eventuais excessos de produção. Neste enquadramento a microgeração pode ser entendida como a produção de energia através de instalações de pequena escala, utilizando fontes de energia renováveis ou processos de conversão de elevada eficiência energética.

Uma das características da microgeração que a torna particularmente atractiva é a produção

descentralizada de energia. De facto, sob determinadas condições, os consumidores poderão satisfazer as suas necessidades energéticas recorrendo a unidades de produção próprias, bem como proceder à venda de eventuais excedentes dessa produção. Porém, e apesar desta aparente atractividade, a realidade é a de que a microgeração ainda não apresenta expressão significativa, denotando a eventual existência de factores que limitam a sua expansão. Mas que factores são esses e como poderemos ultrapassá-los? Qual o papel e nível de participação que o Estado e, em particular, as estruturas de poder local poderão desenvolver neste processo? Será que a microgeração, se promovida pelo poder local, é mais efectiva?

É perante estas questões e este cenário que surge a motivação deste trabalho. Deste modo, na secção 2 efectua-se uma breve caracterização da microgeração, partindo do estabelecimento (por não existir uma definição universal) do conceito a adoptar. Seleccionado o conceito, efectua-se uma breve apresentação das tecnologias actualmente disponíveis para se poder recorrer à microgeração, bem como das diferentes formas/regimes de organização/utilização. Em seguida apresentam-se as principais vantagens e os limites geralmente apontados a esta forma de produção de energia. Entrando na especificidade portuguesa, na secção 3 apresenta-se uma breve caracterização da forma como o governo tem vindo a intervir na microgeração. Na secção 4 pretende-se ilustrar o potencial da microgeração para as autoridades locais e, simultaneamente, discutir a importância destas entidades na promoção e disseminação da microgeração pelos particulares, empresas e poderes públicos. Para o efeito, sugerem-se algumas das medidas que poderiam ser aplicadas para estimular uma maior adesão à microgeração e indicam-se algumas das medidas já promovidas. Na secção 5, como exemplo da aplicação da microgeração ao nível dos governos locais, apresenta-se o caso hipotético de instalação de painéis solares no complexo de piscinas municipais de Montemor-o-Velho. Por fim, na secção 6, procura-se fazer um resumo dos principais pontos abordados nas secções anteriores, sugerindo-se tópicos de interesse para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

2. A Microgeração

Esta secção inicia-se com a apresentação do conceito de microgeração e das tecnologias disponíveis para produção de energia. De seguida, apresentam-se as diferentes formas de operacionalização destas tecnologias. Por último, descrevem-se os aspectos mais e menos atractivos dos sistemas de microgeração, referindo brevemente o papel que o poder local poderá desempenhar na sua adopção.

2.1. Conceito

A microgeração tem sido objecto de estudo por vários autores, tendo sido definida, por exemplo, como:

- a) “a produção de electricidade (e calor) em casas individuais” (Sauter *et al.*, 2006: 3; Watson *et al.*, 2008: 3095);
- b) “a produção de calor e/ou electricidade em pequena escala proveniente de uma fonte de baixo carbono” (Departamento do Comércio e Indústria do Reino Unido, 2006: 71; Allen *et al.*, 2008: 530);
- c) “a produção de electricidade ou de calor e electricidade por intermédio de instalações de pequena potência, designadas unidades de microprodução” (Ministério da Economia e da Inovação, 2009).

Partindo destas diferentes definições, é possível verificar a existência de um elemento comum a todas, nomeadamente o de que a microgeração é a produção de electricidade e/ou calor. Contudo, em nada mais as definições são coincidentes, verificando-se que nos casos de Sauter *et al.* (2006) e Watson *et al.* (2008), a sua aplicação se resume às habitações, não especificando o modo como a energia é produzida; nos casos do Departamento do Comércio e Indústria do Reino Unido (2006) e de Allen *et al.* (2008) não se especifica qual a finalidade da produção; enquanto que no caso do Ministério da Economia e da Inovação (2009), não se especifica qual o destinatário nem de que tipo deverá ser a fonte, reforçando-se apenas, tal como na definição (b), que a produção se faz por intermédio de instalações de pequena potência.

No caso específico deste trabalho e porque se pretende discutir a eventual aplicação da microgeração a uma infra-estrutura pública, nomeadamente ao complexo de piscinas municipais de Montemor-o-Velho, o conceito adoptado é o apresentado pelo Ministério da Economia e da Inovação (2009), entidade que refere que:

(...) todas as entidades que disponham de um contrato de compra de electricidade em baixa tensão podem ser produtoras de energia eléctrica por intermédio de unidades de microprodução, utilizando recursos renováveis, como energia primária, ou produzindo combinadamente electricidade e calor.

2.2. Tecnologias disponíveis

Não existe uma solução padrão, quer em termos de tecnologia, quer no que respeita à fonte utilizada, para se produzir energia por via da microgeração. De facto, existem no mercado várias tecnologias, que podem ser usadas individualmente ou em combinação. A solução a

adoptar deverá passar pela consideração de factores como, por exemplo, o potencial da respectiva região onde se pretende efectuar a instalação, a disponibilidade financeira do(s) promotor(es) e os resultados que se esperam obter.

Não sendo objectivo deste trabalho a descrição das tecnologias (ou suas combinações) usadas para a produção descentralizada de energia a uma escala micro, efectuar-se-á apenas uma breve abordagem das mais relevantes em processos de microgeração.

2.2.1. Energia solar (fotovoltaica e térmica)

A energia solar é uma das fontes de energia renováveis mais promissoras para Portugal, dado ser um dos países da Europa com maior disponibilidade da radiação solar. Adicionalmente, é também uma das tecnologias mais implantadas no mercado e adaptável a uma grande diversidade de instalações. É instalada quer em casas de particulares para produção de energia eléctrica e térmica, quer em centrais fotovoltaicas com capacidade para satisfazer as necessidades de milhares de lares.

Num processo de aproveitamento da energia solar através de painéis fotovoltaicos existe conversão de energia electromagnética vinda do sol noutra forma de energia - a energia eléctrica. Se negligenciarmos os recursos energéticos usados e a poluição produzida, quer na produção dos painéis fotovoltaicos, quer no seu tratamento após o final da sua vida útil, uma das vantagens mais evidentes no seu uso é a quase total ausência de poluição (nomeadamente atmosférica). Mas existem outras, como a ausência de partes móveis susceptíveis de partir, o facto de não gerar cheiros ou ruídos, bem como reduzidas necessidades de manutenção e um tempo de vida relativamente alargado (Portal das Energias Renováveis, 2009). Uma outra vantagem é a possibilidade de electrificação remota, permitindo o fornecimento de energia eléctrica a lugares distantes e isolados, onde o custo da linha de transporte de energia é frequentemente mais elevado do que o da instalação de um sistema fotovoltaico (ou até, onde seria eventualmente impossível fazer chegar a energia eléctrica pelas vias tradicionais).

A tecnologia fotovoltaica pode ser aplicada, por exemplo, ao nível de um simples relógio ou máquina de calcular (algo já disseminado no mercado), como também noutras situações ainda em fase embrionária (e com reduzida expressão no mercado), a exemplo dos veículos movidos a energia solar (i.e., para que estes se possam movimentar sem ter que recorrer ao consumo de combustíveis fósseis ou, pelo menos, atenuando o seu consumo). Por seu turno, a integração da tecnologia em edifícios é uma das aplicações onde se têm verificado mais desenvolvimentos ou, pelo menos, os mais relevantes. Por esta via, e de uma forma geral,

pode afirmar-se que “qualquer um de nós” se poderá tornar, não só consumidor, mas também produtor de electricidade. No entanto, o facto dos dispositivos fotovoltaicos não permitirem uma elevada conversão de energia solar em energia eléctrica, e/ou de os custos de aquisição/instalação serem relativamente elevados, podem desincentivar ou constituir obstáculos à sua instalação.

Por seu turno, a produção de energia térmica através da utilização de raios solares é habitualmente designada por energia solar térmica. Esta poderá ser usada em aplicações industriais para, através do calor gerado, produzir electricidade. Porém, a sua utilização mais frequente, a uma pequena escala, é a correspondente à captação da luz solar num colector, onde geralmente circula um fluido térmico anticongelante, para fornecer aquecimento, entre outras, de águas sanitárias, ambiente (ex.: piso radiante), ou das águas utilizadas em complexos de piscinas.

2.2.2. Micro-eólicas

Este tipo de tecnologia corresponde, de uma forma simplista, a uma espécie de replicação, a uma escala micro, das grandes torres eólicas que vemos um pouco por todo o país, sendo as microturbinas mais comuns geralmente colocadas no terreno. Contudo, novas tecnologias têm sido desenvolvidas, originando equipamentos de menor dimensão, que podem ser colocadas no topo das habitações, evitando a perda de espaço eventualmente utilizável para outros fins.

As informações disponíveis relativas a este tipo de sistemas salientam que os níveis de poupança de energia e emissões de carbono dependem de vários factores, entre os quais se apontam: o tamanho, a localização, a velocidade do vento, a proximidade a outros edifícios, entre outros condicionantes da paisagem local. Uma das preocupações geralmente associadas a esta tecnologia é o nível de ruído que se pode gerar (particularmente em aglomerados urbanos muito concentrados).

2.2.3. Mini-hídricas

As mini-hídricas são instalações hidroeléctricas de pequenas dimensões, que por aproveitamento de um desnível natural de um curso de água e por instalação de uma pequena turbina, transformam energia potencial em energia eléctrica. São vulgarmente infra-estruturas destinadas à produção de energia eléctrica com potência instalada inferior a 10 MW. A sua taxa de eficiência estima-se rondar os 70% a 90% e como é baseada essencialmente no

aproveitamento de um curso de água apresenta, geralmente, impactos ambientais pouco significativos.

2.2.4. Biomassa

A produção de energia através da biomassa diz respeito à utilização dos “derivados” recentes de organismos vivos para produzir energia (incluindo-se nestes, entre outros: lenha, galhos, folhas e outros detritos florestais, dejectos animais, cana-de-açúcar, soja e milho). Alguns destes derivados poderão ser directamente queimados para utilização da energia térmica assim produzida, enquanto outros poderão ser tratados para a produção de combustível (como, por exemplo, o biodiesel), e outros poderão ser processados naturalmente por micro-organismos, sendo depois usados os seus subprodutos (como, por exemplo, o metano) como fonte de energia. Assinale-se que sendo geralmente possível classificar como benéfica a utilização destes recursos, importa ter particular atenção à eventual utilização da biomassa em larga escala, dados os potenciais impactos negativos, tanto a nível da preservação da fauna e flora, como pelo facto desta utilização poder entrar em competição com outras necessidades humanas, como é o caso da alimentação das populações.

Para finalizar esta subsecção 2.2, importa igualmente destacar que as soluções a implementar estão geralmente condicionadas pelo factor variabilidade, sendo o clima uma das suas principais origens. Registam-se frequentemente variações fortes (intra-diárias ou mensais) nos níveis de produção energética, suscitando mesmo, nalguns casos, a necessidade de compra e instalação de soluções de armazenamento da energia gerada (armazenamento este que não se tem evidenciado muito eficiente), limitando a potencial atractividade de implementação destes sistemas de microgeração.

2.3. Regimes de utilização/organização

A instalação e utilização de sistemas de microgeração poderão ocorrer por diferentes vias, aqui designadas por regimes de utilização da microgeração, que correspondem a características diferentes e que se repercutem em investimentos e retornos também eles distintos. Os regimes de utilização mais frequentemente referidos são: “Ligar e Usar”, “Controlo da Empresa” e “Micro-rede de Comunidade”¹.

¹ Os termos foram adaptados das expressões anglo-saxónicas “Plug & Play”, “Company Control” e “Community Microgrid”, respectivamente.

2.3.1. “Ligar e Usar”

O regime “Ligar e Usar” corresponde a um tipo de instalação de microgeração onde o consumidor tem um forte potencial para se tornar “independente” do seu fornecedor de electricidade, gerando uma relação unilateral entre produtor e consumidor, frequentemente corporizada na mesma pessoa/entidade. De facto, a opção por este modelo possibilita produzir e consumir sem ter que recorrer à rede pública de distribuição (Watson *et al.*, 2008), com vantagem da produção poder ser efectuada em função das necessidades do próprio consumidor. No entanto, optar por este tipo de utilização acarreta que o produtor tenha de suportar todo o investimento, nomeadamente para a aquisição, instalação e funcionamento do equipamento, bem como as necessidades de reparação/manutenções decorrente do uso.

2.3.2. “Controlo da Empresa”

No regime “Controlo da Empresa” as usuais centrais de geração de electricidade de grande dimensão podem ser substituídas e/ou complementadas por pequenas unidades de produção, instaladas de forma distribuída em locais com as condições mais favoráveis, sendo a propriedade das mesmas da empresa de produção de energia eléctrica, embora o local de instalação possa ser de um proprietário diferente. Note-se igualmente que neste tipo de instalação a tecnologia implementada pode ser controlada remotamente e operada de acordo com as necessidades da empresa responsável pelo abastecimento de electricidade. Neste regime é essa mesma empresa que suporta todos os custos inerentes.

2.3.3. “Micro-rede de Comunidade”

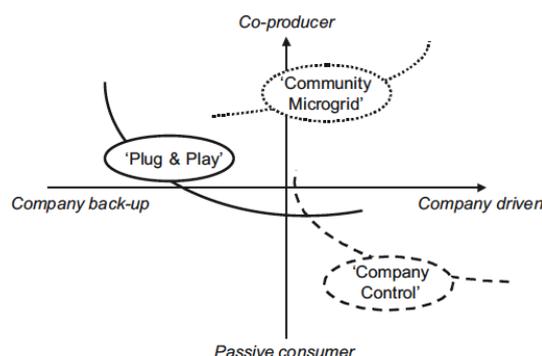
O regime de “*Micro-rede de Comunidade*” corresponde a uma espécie de modelo híbrido, em que uma comunidade composta pelos seus agentes (consumidores e instituições) cria ou participa numa rede local de abastecimento de electricidade formada a partir das várias unidades de microgeração. Os consumidores gerem a sua unidade de produção, mas estão também interessados em manter o equilíbrio entre as suas necessidades e as da rede local. Este equilíbrio poderá ser assegurado através de alterações de comportamentos, como por exemplo, abdicando do uso de energia para consumo próprio quando a rede está sobrelotada. Para garantir essa gestão, o próprio controlo da(s) unidade(s) de microgeração pode ser partilhado entre a empresa responsável pela rede local de abastecimento e pelos consumidores

(neste caso a comunidade) (Watson, 2004). A motivação para a adesão à rede poderá advir de cada consumidor poder ter uma quota-parte da empresa que gere a rede local e como tal obter participação dos respectivos lucros.

2.3.4. Outros regimes

Importa destacar que as formas de implementação da microgeração acima apresentadas não são estanques, sendo que na prática podem ocorrer variações e combinações daquelas, conforme proposto na Figura 1, abaixo.

Figura 1: Diferentes regimes de utilização/organização da microgeração



Fonte: Sauter e Watson (2007: 2774).

Estas diferentes formas de organização da propriedade e operacionalidade dos processos de microgeração dependem, entre outros, de atitudes, investimentos e dos padrões comportamentais dos consumidores e das empresas face à microgeração.

2.4. Vantagens e limites da microgeração

A difusão da utilização de sistemas de microgeração para produção de energia depende, entre outros, do nível de investimento em I&D e correspondentes progressos nas tecnologias de microgeração, do seu desempenho económico, da regulamentação sobre ela produzida e das alterações comportamentais induzidas, bem como da sua aceitação pelos consumidores.

2.4.1. Vantagens

A microgeração pode vir a desempenhar um papel importante no desenvolvimento de um

sistema energético mais seguro e sustentável.

De facto, a diminuição da dependência energética face ao exterior é geralmente apontada como uma das principais potenciais vantagens da microgeração (e.g.: Allen *et al.*, 2008; Ministério da Economia e da Inovação, 2007; Lopes *et al.*, 2003). A ideia subjacente é a de que se as unidades de microgeração utilizarem fontes de energias renováveis, estas são endógenas, e portanto não será necessário recorrer em tão grande escala à importação (de combustíveis fósseis) para satisfação das necessidades energéticas.

Cumulativamente, a microgeração permite melhorar o desempenho ambiental do sistema energético (Pehnt, 2008), na medida em que o recurso a fontes de energia renováveis proporciona a redução da emissão de GEE quando comparado com a geração de electricidade pelas vias convencionais, nomeadamente centrais termoeléctricas alimentadas por combustíveis fósseis.

Outra vantagem importante é a segurança e fiabilidade no abastecimento. Com efeito, dado que os consumidores passam a produzir pelo menos parte da energia que precisam para a satisfação das suas necessidades energéticas, se porventura houver uma falha no fornecimento pela rede (por exemplo, um “apagão”) o abastecimento de energia não será afectado, ou a sê-lo, sê-lo-á em menor escala. Saliente-se ainda que em sítios isolados, muitas vezes sem acesso a energia eléctrica, a microgeração poderá ser a via com menores custos para passar a dotar o local de energia eléctrica, ou poderá mesmo constituir a única via para o conseguir.

Outros benefícios frequentemente apontados são a redução de perdas ou a diminuição das necessidades de investimento na rede (Ministério da Economia e da Inovação, 2007). De facto, uma vez que os locais de produção coincidem, ou apresentam forte proximidade, com os locais de consumo, reduzem-se as perdas no transporte e abastecimento, assim como a necessidade de realizar investimentos de reforço ou manutenção de infra-estruturas de rede.

A difusão da microgeração pode igualmente ser apontada como um factor impulsionador do crescimento e do emprego pois cria oportunidades de negócio para aqueles que produzem e transaccionam bens de equipamento e componentes para o sector eléctrico (Lopes *et al.*, 2003; Ministério da Economia e da Inovação, 2007). De facto, a oferta destes equipamentos requer recursos humanos que os produzam, vendam, instalem e lhes façam a manutenção. Podem-se gerar em torno destas várias etapas “clusters” industriais e de serviços com impacto relevante a nível do emprego local. Dada a necessidade de pesquisa e apresentação de soluções que confirmem maior eficiência e menor poluição na geração de energia térmica e eléctrica através das diferentes tecnologias associadas à microgeração, também o meio académico e científico poderá ser estimulado neste processo.

Pode ainda apresentar-se como vantagem o facto de que, podendo o consumidor final ser também produtor, este acaba por ter uma maior autonomia e poder de decisão face às “imposições” dos fornecedores de energia. Obviamente, para além da perspectiva “egocentrista”, associada às vantagens directas para os cidadãos, que vêm reduzida a sua factura energética, existe também a perspectiva do contributo individual para a política energética e ambiental. Com efeito, a microgeração pode constituir-se como uma forma de promover a responsabilização do cidadão face ao interesse comum.

2.4.2. Limites

Apesar das potenciais vantagens acima apontadas, a verdade é que a microgeração também enfrenta desvantagens e desafios de ordem técnica, regulamentar, económica e informativa, que podem constituir barreiras à progressão da instalação de sistemas de microgeração.

As barreiras técnicas incidem sobre vários aspectos, desde problemas a nível da integração na rede, a lacunas ao nível do planeamento e da carga burocrática associada ao processo de licenciamento. De facto, são frequentemente apontados problemas associados a protocolos para permitir a integração das fontes de microgeração nos mercados da electricidade, bem como ao nível da segurança e protecção. Como agravante, acontece que não existem ainda normas para diversos aspectos cruciais como, por exemplo, dados relativos à qualidade da potência distribuída para diferentes fontes de microgeração (Lopes *et al.*, 2003). A nível económico apontam-se geralmente os elevados custos associados ao investimento inicial como uma das principais barreiras à microgeração, que muitos acreditam só poderem ser ultrapassadas se houver mais incentivos ao investimento (Lopes *et al.*, 2003). Por exemplo, num estudo dedicado à aplicação da microgeração em habitações e à sua análise do ponto de vista económico, Watson (2004) concluiu que o período de recuperação do investimento por parte das famílias inglesas era demasiado longo para encorajar as famílias a serem auto-suficientes por esta via.

Porém, importa destacar que os investimentos dos consumidores resultam de um processo de decisão complexo que passa por muitos factores, que não apenas os económicos (Sorrell *et al.*, 2000; Allen *et al.*, 2008). Por exemplo, um desses factores poderá ser tão simples quanto o facto da adopção da microgeração, aos olhos do consumidor, ser um processo aparentemente mais complicado do que é na realidade, levando-o frequentemente a desistir da ideia antes mesmo de chegar a desenvolver qualquer tentativa ou esforço. A ausência ou lacunas de informação dos consumidores, associadas com o exemplo anterior, são também

frequentemente apontadas como barreiras à microgeração, assim como os procedimentos burocráticos e legais que enquadram e que necessitam de ser cumpridos para se poder produzir energia por esta via.

A título exemplificativo, importa referir um estudo efectuado pela Energy Saving Trust (2005), em que se procuraram apurar quais as principais barreiras à microgeração no Reino Unido, entre outros através da realização de inquéritos. Os resultados obtidos apontam para que, no curto prazo, os elevados custos de instalação das tecnologias disponíveis e as deficiências em termos de competências e informação, seguidas das percepções negativas dos consumidores relativamente à qualidade dos produtos e serviços de instalação, constituem as barreiras de maior relevo; enquanto que, no longo prazo, se assinalam como limitações mais relevantes, a burocracia e os procedimentos exigidos.

Note-se que as atitudes relativamente às tecnologias disponíveis para microgeração denotam algum sentimento de desresponsabilização face ao que pode ser considerado como necessidade colectiva (a exemplo do controlo da poluição), o que se vem apresentando como um factor inibidor da expansão da microgeração. A título de exemplo, refira-se que um inquérito realizado em Londres (London Renewables, 2003) indica que 75% das pessoas entrevistadas consideram que o Estado é o principal responsável pelo sucesso, ou não, da utilização das fontes de energia renováveis, seguindo-se as empresas de produção de electricidade (46%) e a administração local (43%), enquanto apenas 8% dos inquiridos consideram que esta responsabilidade cabe aos cidadãos.

3. A microgeração em Portugal

Apresentado o conceito, as tecnologias, os regimes de utilização, assim como as principais vantagens e limites da microgeração, importa agora efectuar o enquadramento da microgeração em Portugal. Para o efeito, apresentam-se nesta secção os regimes de produção e de remuneração em que as unidades de microprodução se poderão enquadrar, seguindo-se uma breve descrição da forma como se efectua o registo e reconhecimento dos microprodutores, bem como da apresentação da tarifa de remuneração e dos diferentes tipos de incentivos em vigor, terminando com a análise da evolução dos registos de microprodução em Portugal.

3.1. Regime de produção (ordinário e especial)

De um modo geral pode começar por afirmar-se que as medidas implementadas pelo Estado Português no sentido de diminuir a dependência energética do país face ao exterior têm passado essencialmente por iniciativas enquadradas por um vasto conjunto de documentos estratégicos e legislativos. Com efeito, de entre as várias iniciativas podem destacar-se: o Plano Nacional para o Desenvolvimento Económico e Social (PNDES), em 2000; o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), em 2001; o Programa E4 (Eficiência Energética e Energias Endógenas), em 2001; o Programa Água Quente Solar para Portugal (AQSpP), em 2001; o Programa para a eficiência Energética em Edifícios, em 2001; a Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (ENDS), em 2002; a Estratégia Nacional para a Energia, em 2005; bem como diversas actualizações de alguns destes programas/iniciativas.

No que diz particular respeito à microgeração, importa começar por referir que o Decreto-Lei n.º 26/2006, de 15 de Março, estabelece dois tipos de regime de produção de electricidade: produção em regime ordinário e produção em regime especial. Porém, a regulamentação destes não surgiu de imediato. Com efeito, o primeiro regime foi regulamentado pelo Decreto-Lei n.º 172/2006, de 23 de Agosto, mas a posterior regulamentação do segundo "travou" o ímpeto daqueles que desde logo se interessaram pela produção de energia em regime especial – que corresponde a produção de electricidade com incentivos à utilização de recursos endógenos ou a produção combinada de calor e electricidade –, onde se inclui a microgeração.

É igualmente relevante mencionar que a microgeração, como actividade de produção de energia eléctrica em baixa tensão, com possibilidade de entrega à rede eléctrica pública, já havia sido regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 68/2002, de 25 de Março. De facto, este diploma previa que a energia produzida fosse predominantemente destinada ao auto-consumo, mas salvaguardava a possibilidade de eventuais excessos de produção serem entregues a terceiros ou à rede pública (com um limite de 150 kW de potência). Porém, o Governo reconheceu que aquele enquadramento legal "*não atingiu uma expressão significativa*", pelo que aprovou o Decreto-Lei n.º 363/2007, de 02 de Novembro, com a finalidade específica de estabelecer o regime jurídico aplicável à produção de electricidade por intermédio de unidades de microprodução. De entre as "novidades" destacam-se a simplificação do licenciamento das unidades de produção, a criação de um Sistema de Registo de Microprodução (SRM), a criação de um regime simplificado de facturação e de

relacionamento comercial e a criação de dois regimes de remuneração: o geral e o bonificado.

3.2. Regime remuneratório (geral e bonificado)

De acordo com o Decreto-Lei n.º 363/2007, de 02 de Novembro, o regime de remuneração é estabelecido em função das características da unidade de microprodução e do produtor. Assim, o regime geral aplica-se à generalidade das instalações (destacando-se como condições de acesso, o limite de 50% da potência de ligação face à potência contratada com um tecto máximo de 5,75kW, no caso de instalações não integradas em condomínios); enquanto o bonificado, é aplicável apenas a instalações que recorram a fontes de energia renováveis². Adicionalmente, o enquadramento no regime bonificado de uma instalação de microprodução, respeita um limite de 3,68kW de potência de ligação, e condiciona o acesso, no caso dos produtores individuais, à existência de colectores solares térmicos, e no caso dos condomínios, à realização de auditoria energética (reforçando o estabelecido no Decreto-Lei n.º 80/2006 de 04 de Abril e noutros incentivos, como o Programa Água Quente Solar, que estabelece a obrigatoriedade de instalação de sistemas de eficiência térmica nos novos edifícios).

Destaque-se igualmente que, para o regime bonificado, o limite anual de potência de ligação foi fixado em 10MW para o ano de arranque (2008), sendo aquele limite incrementado anual e sucessivamente em 20%. O diploma estabelece igualmente que atingido o limiar máximo anual, as instalações registadas não poderão aceder ao regime remuneratório bonificado, devendo ser enquadradas no regime remuneratório geral.

3.3. Processo de registo e reconhecimento

Deste modo, o reconhecimento de um produtor de electricidade passa por um conjunto de procedimentos, enquadrados no Programa de Simplificação Administrativa e Legislativa SIMPLEX 2007, que se inicia efectuando um registo no SRM, através da uma plataforma electrónica, que permite aos consumidores obter, “na hora”, a licença para se tornarem microprodutores de electricidade. Este registo da unidade de produção consubstancia-se num registo provisório que, entre outros, inclui a indicação do tipo de regime remuneratório

² A este respeito, é estabelecido no n.º 5 do artigo 11º que as fontes de energia renováveis que permitem o acesso ao regime bonificado são: a solar, a eólica, a hídrica, a cogeração a biomassa, pilhas de combustível com base em hidrogénio proveniente de microprodução renovável e a combinação das fontes de energia anteriormente referidas.

pretendido, bem como a indicação do comercializador com o qual o produtor pretende celebrar um contrato de compra e venda de electricidade. Após o registo, o (futuro) produtor tem de proceder ao pagamento, no prazo de cinco dias úteis, de uma taxa fixada em Portaria do Ministério da Economia e da Inovação, actualizável em Janeiro de cada ano³. Em seguida, o produtor dispõe de 120 dias contados a partir do registo provisório no SRM para instalar a unidade de produção e requerer o respectivo certificado de exploração. Na sequência deste último requerimento, a unidade de microprodução é sujeita a uma inspecção, efectuada (nos 20 dias subsequentes ao pedido do certificado de exploração) na presença do produtor e do técnico da entidade instaladora da unidade de microprodução. Caso a instalação esteja de acordo com as exigências legais em matéria de instalações desta natureza, é elaborado um relatório de inspecção, que substituiu o certificado de exploração até que este seja emitido e o registo provisório do SRM passe a ser definitivo.

3.4. A tarifa do regime bonificado

A tarifa do regime bonificado aplicável à energia produzida por cada unidade de microprodução é variável consoante o tipo de energia renovável utilizada, bem como com a forma como é utilizada, i.e., se individualmente ou em combinação. Para o ano de arranque (2008), a fonte de energia a que foi atribuída maior tarifa de remuneração (de forma individual) – geralmente designada por tarifa de referência – foi a solar, seguida da eólica, como se pode constatar no Quadro 1, abaixo.

Quadro 1: Tarifa do regime bonificado a aplicar à energia produzida por unidades de microprodução em 2008

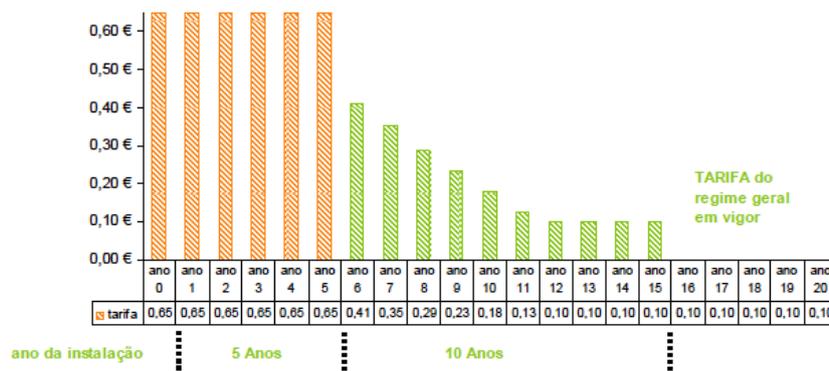
Unidade de microprodução com recurso a uma única fonte renovável de energia	Tarifa (€/kWh)
Solar	0,6500
Eólica	0,4550
Hídrica	0,1950
Cogeração a biomassa	0,1950
Pilhas de combustível	Tarifa aplicável à tecnologia renovável utilizada na produção de Hidrogénio

Fonte: Ministério da Economia e da Inovação (2008: 6).

³ As taxas de referência para o ano de 2008 foram publicadas por Portaria n.º 201/2008 de 22 de Fevereiro e são actualizadas com base na evolução anual do Índice de Preços no Consumidor do Continente, excluindo habitação, sendo o valor final arredondado para a dezena de centimos de Euro imediatamente superior. Às taxas acresce IVA à taxa de 12%, no caso de instalações que utilizem fontes de energia totalmente renováveis e à taxa normal, para os restantes casos.

De salientar que a tarifa de referência fixada para os primeiros 10MW de potência de ligação registada foi de 0,65€/kWh, sendo que esta vai sendo reduzida à medida que o número de anos de vida útil da instalação vai diminuindo. De forma mais específica, e conforme se poderá observar na Figura 2, efectuado o registo da microprodução nos primeiros 10MW de potência de ligação registada e durante um período de 5 anos seguintes, a tarifa de referência é de 0,65€/kWh, tarifa que se vai reduzindo a partir do ano seis até ao ano 15, até atingir o valor da tarifa de referência a vigorar à data de 01 de Janeiro do ano da nova instalação a ligar à rede. Terminado o prazo anteriormente abordado, a tarifa de referência passará a ser a mesma da do regime geral então em vigor (i.e., deixará de haver bonificação). Significa isto que por esta via se atribui um forte “prémio” aos microprodutores, pois a tarifa de referência que lhes é garantida pela venda da sua produção à rede pública é, nos primeiros anos, cerca de cinco vezes superior à tarifa que a generalidade dos consumidores residenciais paga por cada kWh de electricidade consumida.

Figura 2: Evolução da tarifa no regime bonificado



Fonte: Ministério da Economia e da Inovação (2008: 7).

De referir ainda que por cada 10MW de potência de ligação acumulada registada, a tarifa de referência do regime bonificado vai sendo reduzida, sucessivamente, em 5%.

Para os casos em que se recorra à produção de electricidade por uso combinado de fontes de energia renováveis, a tarifa é apurada em função da média ponderada das correspondentes percentagens individuais das diferentes tecnologias utilizadas, recorrendo à fórmula de cálculo que se apresenta em seguida:

$$T_V = \frac{LME_{PS}(T_R * P_S) + LME_{RP}[0,7(T_R * P_E) + 0,3T_R(P_H + P_B)]}{LME_{PS} * P_S + LME_{RP}(P_E + P_H + P_B)}, \quad (1)$$

em que: T_V representa a tarifa de venda; LME_{PS} representa os limites máximos anuais da energia vendida de produção solar; T_R a tarifa de referência; LME_{RP} os limites anuais máximos de energia vendida das restantes produções; P_S a potência solar; P_E a potência eólica; P_H a potência hídrica e P_B a potência biomassa.

3.5. Incentivos de natureza fiscal

Paralelamente ao enquadramento legal proporcionado pelo Decreto-Lei n.º 363/2007, de 02 de Novembro, que permitiu regular e operacionalizar a microgeração, o Governo colocou ainda em prática um outro conjunto de incentivos, predominantemente de natureza fiscal, no sentido de alargar a adesão à microgeração a partir de fontes renováveis. Alguns destes incentivos são atribuíveis exclusivamente a determinadas entidades, enquanto outros são transversais. Apresentam-se em seguida, de uma forma breve, os principais incentivos dirigidos a dois grupos de potenciais investidores: empresas e particulares, e entidades públicas.

i) Empresas e particulares

Para os particulares, a aquisição de equipamentos solares novos permite deduzir no IRS (de 2009) 30% das importâncias despendidas, com o limite máximo de 796 € (sendo esta dedução acumulável com as deduções relativas a encargos com imóveis - e.g. juros e amortização da habitação).

Por seu turno, as empresas privadas e públicas, as cooperativas e as demais pessoas colectivas de direito público ou privado podem beneficiar, mais concretamente ao nível do IRC de um período mínimo de vida útil de 4 anos de sistemas solares, para efeitos de reintegração e amortização do investimento. Com efeito, esta medida (estabelecida pelo Despacho Regulamentar n.º 22/99, de 6 de Outubro) permite uma redução no IRC anual, acumulável com outros incentivos, e pode ter um impacto substancial na recuperação do investimento.

Também por via da Lei n.º 109-B/2001, de 27 de Dezembro, o Estado procurou incentivar a microgeração a partir de fontes renováveis, nomeadamente através da redução da taxa de IVA para 12%, bem como através da isenção de tributação de todos os rendimentos obtidos com a venda à rede da energia produzida.

A aplicação do Programa Solar Térmico, que permite aos particulares adquirirem painéis

solares térmicos e obterem um reembolso, por parte do Estado, até 1.641,70€ (ADENE, 2009), pode igualmente ser considerado como uma outra forma de incentivo à microgeração.

Outras medidas que podem ser consideradas como incentivos à microgeração estão relacionadas com o fomento da abertura de linhas de crédito com condições especiais para o financiamento deste tipo de projectos. A este nível, são oferecidos dois tipos de produtos bancários: o leasing e o crédito bancário dedicado. A modalidade de leasing é limitada à instalação de sistemas solares (térmicos e/ou fotovoltaicos), em que a instituição bancária realiza o investimento pela empresa ou particular com quem estabelece o acordo, e em troca, as receitas geradas com a venda da electricidade produzida revertem para a instituição bancária (até recuperação do investimento realizado). Por seu turno, tem proliferado a modalidade de empréstimo bancário, aplicável ao financiamento da instalação e utilização de fontes de energia renovável por particulares, com condições especiais, quer em termos de juros, quer de montantes dedicados.

ii) Entidades Públicas

Tal como os outros consumidores finais, também as autarquias e outras entidades estatais beneficiam da redução da taxa de IVA aplicável à compra de equipamentos para produção de energia com recurso a fontes renováveis. Também estas instituições podem beneficiar de incentivos à microgeração e à produção de energia por via de fontes renováveis através de apoios comunitários. Com efeito, e.g., ao nível dos programas operacionais regionais foi criada uma medida para apoio designada de “Energia”, que permite a entidades públicas e a algumas entidades privadas (nomeadamente a pessoas colectivas de direito privado sem fins lucrativos mediante protocolo ou outra forma de cooperação com as entidades públicas, bem como a empresas concessionárias do transporte e distribuição de gás natural e electricidade), obterem apoios comunitários no domínio da energia. Contudo, e apesar da tipologia de operações apoiadas ser diversificada, o acesso a algumas delas está condicionado a algumas entidades e até sub-regiões, em função das metas e estratégia traçadas para as Regiões. De salientar que, além das tipologias de operações de carácter material apoiadas, tais como a colocação de painéis solares térmicos em equipamentos colectivos sociais existentes, o regulamento específico do programa “Energia” (QREN 2007-2013, 2008: 4) prevê o apoio, ao nível das NUTS II, à organização de acções de sensibilização e elaboração de guias para a promoção e valorização sustentável e utilização racional de energia.

Tal como no caso dos particulares, sob condições específicas, e até 31-12-2009, foi

também possível aceder ao programa de painéis solares térmicos (com a comparticipação de 65% do investimento), dado este ter sido alargado a instituições particulares de solidariedade social (IPSS) e a clubes e associações desportivas com utilidade pública, podendo estas ser da responsabilidade das autarquias.

De salientar que o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) – “Portugal Eficiência 2015” – aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 12 de Maio, contempla um conjunto de programas e medidas relativas à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, destacando-se a criação de uma “linha” específica para o Estado. Nomeadamente, com o Programa Eficiência Energética no Estado (Programa E3), estabeleceu-se “um conjunto de medidas dirigidas aos edifícios e frotas de transporte do Estado, à iluminação pública e à negociação centralizada de energia na administração central e local”.

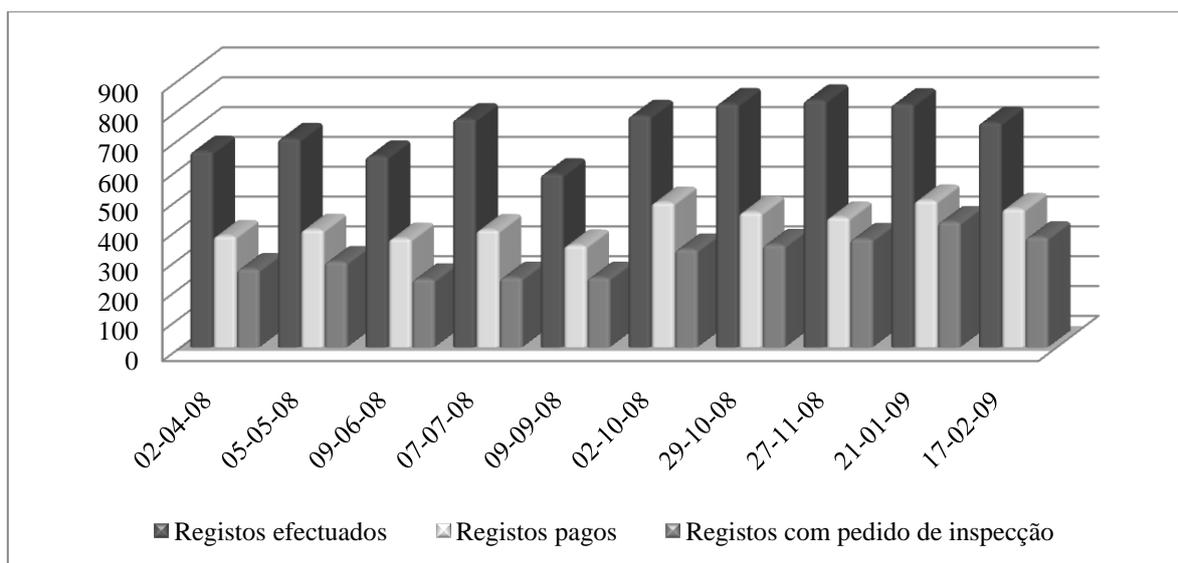
Deste modo, é particularmente relevante para a análise aqui efectuada, a actuação ao nível dos edifícios, em que o Programa prevê, entre outros: a certificação energética, a instalação de sistemas solares térmicos para AQS em piscinas e balneários, a instalação de sistemas solares térmicos para AQS, a instalação de sistemas microprodutores de energia eléctrica em escolas públicas e a criação de centros de produção de energia em unidades hospitalares.

3.6. Os “números” da microgeração em Portugal

A publicação do Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de Novembro, criou as condições necessárias para os (candidatos a) microprodutores poderem efectuar os seus registos no SRM. A primeira fase de registos terminou em Abril de 2008, com 657 registos. Destes, apenas cerca de 40% chegaram à fase de pedido de inspecção, o que indica uma taxa elevada de incumprimento e/ou desistência.

Conforme se pode observar nas Figuras 3 e 4, abaixo, esta tendência de um elevado número de candidatos que efectuaram registo no SRM, mas que não chegaram à fase de licenciamento tem-se verificado em todas as fases de registo.

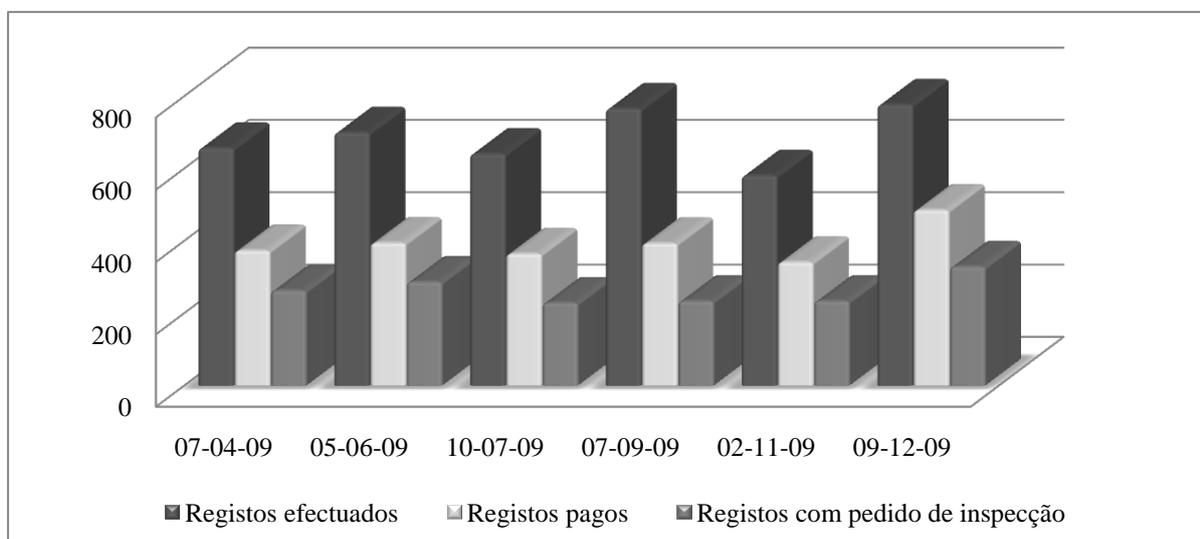
Figura 3: Registos em regime bonificado – tarifa de referência de 0,65€/kWh



Fonte: Elaboração própria a partir de dados divulgados pelo Ministério da Economia e Inovação (2010).

Com efeito, o número de registos verificados desde o primeiro período de inscrição (04-02-2008) até ao último (17-02-2009), em regime bonificado, com uma tarifa de remuneração de 0,65€/kWh, foi de 7.338, a que correspondia uma potência de 25.294,13kW. Destes, só 4.203 efectuaram o respectivo pagamento, e apenas 3.075 chegaram à fase de pedido de inspecção, o que corresponde a uma potência efectivamente instalada de 10.782,77 kW.

Figura 4: Registos em regime bonificado – tarifa de referência de 0,6175€/kWh



Fonte: Elaboração própria a partir de dados divulgados pelo Ministério da Economia e Inovação (2010).

A partir de Fevereiro de 2009, em regime bonificado, a potência de ligação máxima é de 12 MW e a tarifa máxima de referência é de 0,6175€/kWh. Já com esta tarifa de remuneração foram efectuados até à sexta fase (09-12-2009) 5.716 registos, o que corresponde a um total de 20.328,57kW. Destes, só 3.286 foram pagos (11.688,46 kW) e apenas 1.715 chegaram à fase de pedido de inspecção (6.104,11kW).

Se estes números relativos ao regime de remuneração bonificado denotam eventuais problemas no processo, a verdade é que a realidade do regime de remuneração geral é bem menos animadora. De facto, no caso do regime geral, e até 09-12-2009, apenas foram efectuados 214 registos, correspondentes a uma potência de 762,07kW, só sete foram pagos e apenas dois chegaram a pedido de inspecção (9,35kW), o que denota o muito reduzido interesse neste regime de remuneração.

4. Pistas para o papel do Poder Local no fomento da microgeração em Portugal

É evidente que os Estados têm um potencial efectivo ao nível da promoção da microgeração. Por exemplo, para o caso do Reino Unido, Watson *et al.* (2008) analisaram o papel do governo na difusão da microgeração, concluindo que uma reformulação fiscal e dos mercados poderia aumentar consideravelmente a atractividade das tecnologias da microgeração. Na mesma linha, Keirstead (2007) levou a cabo uma análise do papel do governo central na promoção da aplicação doméstica de sistemas fotovoltaicos, tendo concluindo que as empresas que efectuam este tipo de instalação apresentam dependência do apoio governamental para a adopção deste tipo de tecnologias.

Em Portugal, conforme apresentado nas secções anteriores, o Estado tem desenvolvido um esforço importante e uma efectiva aposta na promoção da microgeração junto dos particulares e empresas.

Porém, e apesar de ser um sistema aparentemente atractivo, nomeadamente pela “bondade” do tarifário de referência associado ao regime especial, a realidade nacional é a de um número ainda relativamente reduzido de instalações em funcionamento. Os contributos apresentados na secção 2.4.2 permitiram notar que entre as razões genericamente apontadas para a escassa adesão dos consumidores à condição de microprodutores se contam, entre outros: a necessidade de efectuar um investimento relativamente elevado; défices de informação dos potenciais interessados; obstáculos associados a aspectos burocráticos; bem como a escassez de casos concretos já em funcionamento (que permitam ao potencial aderente uma real percepção do modo como funciona e de qual o real retorno - energético e financeiro - que daí

poderá resultar). De facto, se ao nível dos custos é possível obter uma estimativa de elevada fiabilidade, já ao nível da produção efectiva de electricidade e das receitas (ou diminuições de custos com a factura energética) que efectivamente poderão advir da adesão a um regime de microgeração subsistem ainda dúvidas e desconfianças para a generalidade dos cidadãos.

Poder-se-á então colocar a seguinte questão: poderá o Poder Local⁴ assumir um papel determinante na superação de algumas destas limitações? Ou, de uma outra forma: poderão as políticas e iniciativas locais revelar-se mais efectivas do que as nacionais (em termos da adesão à microgeração)?

De uma forma geral, poder-se-á começar por argumentar que os governos centrais têm maior capacidade de, entre outros: financiar e investir; estimular o desenvolvimento de tecnologias; obter preços mais baixos em virtude de possíveis efeitos de escala; impor regulamentações. No entanto, também é frequentemente apontado que têm tendência para se focarem em políticas macro (e.g., de instalação de centrais de produção de energia renovável de média ou grande dimensão), o que poderá obstar ao desenvolvimento de instalações micro à escala local (e.g., instalações de microgeração junto do consumidor final). Neste âmbito, importa notar que Burton e Hubbacek (2007), tendo por referência a aplicação de tecnologias de microgeração no governo local de Kirklees (Yorkshire, no Reino Unido), concluíram que as soluções de larga escala podem apresentar maior viabilidade financeira, mas que as de pequena escala são social, económica e ambientalmente mais eficazes.

Uma vantagem da intervenção ao nível local (face à escala nacional) que não parece oferecer contestação respeita ao aspecto proximidade e ao que tal factor pode implicar: em primeiro lugar, em termos do conhecimento das autarquias dos seus próprios equipamentos e necessidades, e como tal das condições de (auto-) implementação de sistemas de microgeração; em segundo lugar, em relação ao conhecimento e percepção das condições físicas e climáticas da região, bem como da realidade socioeconómica e cultural das suas populações, podendo ser mais eficaz na determinação do que é mais apropriado em cada situação específica; e, em terceiro lugar, em termos do potencial de efeito de demonstração, pela melhor percepção dos agentes económicos relativamente a implementações levadas a efeito pelas respectivas autarquias.

Por exemplo, o governo central poderia regulamentar no sentido de “obrigar” à instalação de unidades de microgeração em determinado tipo de infra-estruturas municipais, ou produzir

⁴ No que respeita à realidade nacional, entenderemos, doravante, Poder Local como o Poder ao nível das Câmaras Municipais (embora pontualmente se possa alargar o conceito, por exemplo a Juntas de Freguesia ou a estruturas de coordenação regional, como Associações de Municípios ou Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional).

regulamentos no sentido de que aí sejam cumpridos determinados padrões energéticos. Contudo, a generalização da microgeração como forma de assegurar uma maior sustentabilidade e independência energética da maioria das infra-estruturas será melhor conseguida pelas estruturas locais, nomeadamente se existir um departamento municipal devidamente sensibilizado e equipado para o efeito. De facto, com a atribuição de competências desse tipo a um departamento específico, este poderá, por exemplo, efectuar/promover estudos de eficiência energética às infra-estruturas, ou mesmo procurar as soluções específicas de microgeração (para diminuir as suas necessidades de compra de energia, ou mesmo para vender o excesso à rede pública) mais adequadas para instalações municipais ou mesmo dos seus munícipes, de uma forma mais eficaz.

Podem igualmente estabelecer-se outras linhas de acção para as autoridades locais, a exemplo de políticas (locais) de incentivo fiscal, a realização de sessões de formação e informação, ou mesmo a promoção/implementação de sistemas de rede em comunidade.

Do ponto de vista fiscal, por exemplo, como propõe MacGregor (2007: 12-14), os governos locais poderão incentivar a microgeração através de reduções na carga fiscal aos munícipes que instalem equipamentos de microprodução e/ou através da concessão de empréstimos aos particulares, que por sua vez reembolsarão as autarquias a partir do momento em que o investimento começar a gerar receitas. Como “compensação”, argumenta, o governo central poderá atribuir incentivos aos governos locais que detenham um maior número de instalações a produzir energia por via da microgeração (de forma a atenuar a perda de receitas ou o esforço financeiro do município).

No que respeita a sessões de formação e informação, admite-se que uma das fases mais propícias a esses eventos seja a fase do pedido de licenciamento de construção (ou, embora de forma menos desejável, a fase de pedido de licença de habitabilidade). Apesar da existência de regulamentação que exige eficiência energética específica às habitações novas, tal não se aplica directamente a sistemas de microgeração. Deste modo, a prestação de esclarecimentos aos construtores e aos cidadãos (relativamente às possibilidades decorrentes, por exemplo, da produção e eventual venda de energia eléctrica) poderia trazer retorno quase imediato, principalmente se acompanhada de informação relativa a eventuais incentivos (fiscais). Uma outra possibilidade concreta será alguma forma de patrocínio de estudos de viabilidade económica de sistemas de microgeração ao longo ou na sequência dessas sessões de formação e informação.

Relativamente a infra-estruturas de microgeração em comunidade, pode afirmar-se que é um campo que ainda se encontra inexplorado em Portugal, a que certamente não será alheio o

facto do respectivo enquadramento legal ser pouco claro. A proximidade das câmaras municipais com os municípios poderia ser usada como factor potenciador, por exemplo através da criação de empresas municipais com lucros partilhados com os cidadãos participantes.

Em suma, admite-se que as autarquias, ao implementarem nas suas próprias infra-estruturas sistemas de microgeração, algumas delas de utilização pública, para além do benefício próprio que daí poderão retirar, estarão a assumir um importante papel na promoção da microgeração, em particular fruto da sensibilização e efeito de demonstração que pode resultar do factor proximidade com as suas populações (ao dar exemplos concretos ao município, contribuem para a diminuição dos seus eventuais “receios” relativamente à adopção destas tecnologias, além de terem a possibilidade de usar essas mesmas instalações como ferramenta de divulgação e formação). De facto, as autoridades locais ocupam uma posição privilegiada para a disseminação de informação ao município. A proximidade com as populações locais poderá igualmente contribuir para uma efectiva implementação de políticas (locais) de apoio à microgeração, com maior capacidade de acompanhamento e fiscalização do funcionamento das instalações.

Podem encontrar-se vários trabalhos científicos que se debruçaram sobre a aplicação da tecnologia a casos relevantes para o Poder Local como, por exemplo, a instalação de painéis fotovoltaicos em salas de aula (Close *et al.*, 2006), a integração de sistemas fotovoltaicos em edifícios públicos (Seng *et al.*, 2008), ou de painéis fotovoltaicos em habitações sociais (Bahaj e James, 2007), demonstrando a pertinência da análise e o enorme potencial da intervenção do poder autárquico na difusão da microgeração.

Em Portugal, e não obstante o facto das iniciativas e medidas dirigidas às autarquias locais serem ainda pouco significativas, é possível encontrar alguns exemplos (ainda que escassos) de implementação de microgeração pelas próprias autarquias ou de iniciativas destas para promoverem instalações de microgeração pelos seus municípios.

O Município de Lisboa, por exemplo, aplicou painéis solares em escolas e casas de habitação social. O Município de Cascais, através da agência Cascais Energia, atribui uma ajuda de 200€ para a compra de painéis solares e proporciona apoio no processo de escolha e instalação dos equipamentos. Por seu turno, a Câmara de Serpa anunciou recentemente que pretende instalar painéis solares em todos os edifícios municipais, para reduzir o consumo de energia eléctrica e os impactos ambientais, fazendo uso de receitas provenientes da instalação da Central Solar Fotovoltaica de Serpa. Também o Município de Moura, fazendo uso das receitas disponibilizadas pela instalação da Central Fotovoltaica da Amareleja, financia em 70%, sem juros, a instalação de sistemas fotovoltaicos de microgeração de energia eléctrica

em edifícios particulares, de empresas ou de instituições.

Nas secções seguintes procurar-se-á demonstrar como poderá emergir uma política de microgeração numa câmara municipal em Portugal, tendo por primeiro passo a “simples” implementação (numa infra-estrutura pública) de uma unidade de microprodução. Para o efeito estimam-se as possibilidades de poupança, ao nível da factura energética (bem como das emissões de CO₂) do complexo de piscinas do Município de Montemor-o-Velho, nomeadamente a partir da caracterização de um potencial processo de instalação e funcionamento de um sistema de painéis solares térmicos para aquecimento das águas aí utilizadas e de painéis fotovoltaicos para produção de energia eléctrica. A partir de uma concretização deste tipo estarão facilitadas as vias para o seu alargamento/replicação a outras infra-estruturas públicas de domínio municipal, assim como a transferência de *know-how* para o município e para iniciativas que o envolvem. As formas de resistência que se encontram junto do cidadão comum também podem ser encontradas ao nível da administração local, daí a importância de demonstrar como pequenos passos podem contribuir para o fomento da aplicação de verdadeiras políticas locais de microgeração.

5. A microgeração aplicada às piscinas municipais de Montemor-o-Velho

Nesta secção pretende-se ilustrar, de forma quantificada, o potencial da instalação de painéis solares térmicos e fotovoltaicos ao nível da factura energética de uma infra-estrutura pública, nomeadamente do complexo de piscinas municipais de Montemor-o-Velho. Para o efeito, depois de caracterizar fisicamente e de proceder ao apuramento dos consumos de energia (de 2007 a 2009) do complexo municipal de piscinas, proceder-se-á (por via de uma aplicação informática) à estimação das poupanças, em termos de consumos de electricidade e gás natural, mas também de emissões de CO₂, que poderão resultar da eventual instalação de painéis solares térmicos para aquecimento da água das piscinas e das águas quentes sanitárias. De seguida, efectua-se exercício análogo para a potencial instalação de painéis solares fotovoltaicos. Pretende-se assim identificar ordens de grandeza de potenciais ganhos líquidos para o município e que, com relativa facilidade, poderiam ser alargados a outro tipo de infra-estruturas e a outros municípios, daí podendo resultar benefícios líquidos, quer para as entidades locais directamente envolvidas, quer para a sociedade em geral

5.1. Características do complexo de piscinas

As piscinas municipais em análise encontram-se situadas na freguesia de Montemor-o-Velho, num terreno que confronta, a norte com o campo de futebol, a sudeste com a Escola Secundária e a Escola E.B. 2,3 Jorge de Montemor, e a oeste com a Escola do 1.º CEB.

O edifício compreende áreas de implantação e de construção de 2.588 m² e 3.225 m², respectivamente, sendo dotado de duas piscinas, uma com 25m de comprimento por 12,50m de largura (e com profundidade variável entre 1,10m e 1,30m num comprimento de 8,30m, descaindo depois para 1,85m até ao topo de maior profundidade) e a outra, com um comprimento de 12,50m por 8,00m de largura (e uma profundidade variável entre 0,70m e 1,10m). Verifica-se então que a área do plano de água totaliza 412,5 m² e o volume de água que requer aquecimento corresponde a 543,28m³. A temperatura a que cada um dos tanques é mantido é variável, tendo por referência cerca de 30/31º para a piscina mais pequena e 27/28º para a maior.

5.2. Consumo (histórico) de energia

A Câmara Municipal de Montemor-o-Velho não tem vindo a desenvolver políticas activas de adesão a sistemas de microgeração, assumindo-se como um comum consumidor do sistema de abastecimento energético português. No que respeita à piscina municipal, a satisfação das necessidades energéticas do edifício é actualmente assegurada pela utilização de gás natural (para o aquecimento: da água dos tanques, das águas sanitárias e ambiente) e de electricidade (para os restantes fins e equipamentos).

Dado que as piscinas só entraram em funcionamento em Julho de 2005, procurou-se escolher um período de facturação que retratasse consumos (de energia eléctrica e de gás natural) mais “estáveis” e aproximados da realidade actual. Assim, procedeu-se à recolha dos dados dos consumos para os anos de 2007, 2008 e 2009, apresentando-se os valores relativos à electricidade no quadro seguinte.

Quadro 2: Consumo de energia eléctrica no complexo de piscinas (2007-2009)

Período de Facturação	Quantidade (kWh)	Consumo (€)	Período de Facturação	Quantidade (kWh)	Consumo (€)	Período de Facturação	Quantidade (kWh)	Consumo (€)
17-01-07 a 19-02-07	35.041	3.321,33	16-01-08 a 15-02-08	47.570	4.537,99	16-01-09 a 15-02-09	46.579	4.600,80
20-02-07 a 15-03-07	27.004	2.780,49	16-02-08 a 15-03-08	38.171	3.731,12	16-02-09 a 15-03-09	40.046	3.949,64
16-03-07 a 15-04-07	30.152	3.011,87	16-03-08 a 15-04-08	40.503	3.916,35	16-03-09 a 15-04-09	42.142	4.206,90
16-04-07 a 15-05-07	30.604	3.129,88	16-04-08 a 15-05-08	34.715	3.522,14	16-04-09 a 15-05-09	39.475	3.989,52
16-05-07 a 15-06-07	30.115	3.044,36	16-05-08 a 15-06-08	35.252	3.499,18	16-05-09 a 15-06-09	35.644	3.604,03
16-06-07 a 15-07-07	27.810	2.824,04	16-06-08 a 15-07-08	29.430	2.931,92	16-06-09 a 15-07-09	32.219	3.205,67
16-07-07 a 15-08-07	16.044	1.699,73	16-07-08 a 15-08-08	20.290	2.073,44	16-07-09 a 15-08-09	19.268	1.962,69
16-08-07 a 15-09-07	11.041	1.192,90	16-08-08 a 15-09-08	19.763	2.057,00	16-08-09 a 15-09-09	18.855	1.983,39
16-09-07 a 15-10-07	26.228	2.504,44	16-09-08 a 15-10-08	30.931	3.146,49	16-09-09 a 15-10-09	28.886	2.910,76
16-10-07 a 15-11-07	31.813	2.935,92	16-10-08 a 15-10-08	42.399	4.121,96	16-10-09 a 15-11-09	30.003	3.151,78
16-11-07 a 15-12-07	43.743	3.958,25	16-11-08 a 15-12-08	42.197	4.143,95	16-11-09 a 15-12-09	34.670	3.615,14
16-12-07 a 15-01-08	48.422	4.454,22	16-12-08 a 15-01-09	44.682	4.132,30	16-12-09 a 15-01-10	n.d.	n.d.
Soma	358.017	34.857,43	Soma	425.903	41.813,84	Soma	367.787	37.180,32

Fonte: Elaboração própria com base em dados recolhidos na Câmara Municipal de Montemor-o-Velho.

Da leitura dos dados apresentados no Quadro 2, é possível verificar um consumo crescente de energia eléctrica de 2007 para 2008 e uma redução de 2008 para 2009. Esta redução não foi no entanto suficiente para atingir os valores registados em 2007, verificando-se que de 2007 para 2008 houve um aumento de 18,96% no consumo de energia eléctrica e de 2007 para 2009 um aumento de 2,73%. Conforme seria de esperar, é notório que os meses de inverno são aqueles onde se verifica maior consumo de energia e os de verão os de menor consumo⁵.

No que respeita ao consumo de gás natural procedeu-se à recolha da informação relativa ao consumo energético para os anos de 2007, 2008 e 2009. Os resultados obtidos são disponibilizados no Quadro 3, a seguir.

⁵ O mês de Agosto apresenta baixos valores de consumo porque é o mês em que a piscina encerra ao público para proceder a operações de limpeza e manutenção dos tanques de água.

Quadro 3: Consumo de gás natural do complexo de piscinas (2007-2009)

Período de Facturação	Consumo m ³	Consumo facturado kWh	Consumo ⁶ €	Período de Facturação	Consumo m ³	Consumo facturado kWh	Consumo €	Período de Facturação	Consumo m ³	Consumo facturado kWh	Consumo €
28-12-06 a 26-01-07	8.637	125.674	5.400,10	27-12-07 a 29-01-08	8.546	124.350	5.345,46	29-12-08 a 28-01-09	11.475	166.645	8.121,69
20-01-07 a 23-02-07	8.279	120.465	5.046,03	29-01-08 a 27-02-08	5.346	77.788	3.436,45	28-01-09 a 28-02-09	6607	95.835	4.707,06
23-02-07 a 28-03-07	7.553	109.901	4.632,86	27-02-08 a 27-03-08	9.212	134.041	5.836,47	28-02-09 a 31-03-09	9655	140.174	6.856,03
28-03-07 a 24-04-07	5.470	79.592	3.329,61	27-03-08 a 28-04-08	7.041	102.451	4.568,67	31-03-09 a 28-04-09	5449	78.987	3.884,45
24-04-07 a 28-05-07	5.991	87.173	3.581,24	28-04-08 a 28-05-08	6.389	92.964	4.166,78	28-04-09 a 27-05-09	7230	104.263	3.601,80
28-05-07 a 26-06-07	2.788	40.567	1.718,45	28-05-08 a 26-06-08	3.092	44.991	2.075,16	27-05-09 a 25-06-09	2480	36.186	1.389,97
26-06-07 a 26-07-07	4.246	61.782	2.605,27	01-07-08 a 31-07-08	4.761	69.218	3.089,59	25-06-09 a 29-07-09	2735	40.353	1.462,15
26-07-07 a 28-08-07	646	9.400	519,72	01-08-08 a 31-08-08	491	7.126	373,89	26-08-09 a 28-09-09	2745	40.004	1.386,40
28-08-07 a 25-09-07	3.188	46.387	2.035,24	01-09-08 a 26-09-08	5.163	75.283	3.344,82	29-07-09 a 26-08-09	656	9.627	438,84
25-09-07 a 26-10-07	4.218	61.375	2.708,85	27-09-08 a 29-10-08	4.445	64.688	3.086,12	28-09-09 a 27-10-09	5202	75.658	2.472,62
26-10-07 a 28-11-07	n.d.	n.d.	n.d.	30-10-08 a 26-11-08	9.548	138.451	6.575,91	27-10-09 a 30-11-09	6796	99.059	3.209,84
28-11-07 a 27-12-07	9.312	135.496	5.796,33	26-11-08 a 29-12-08	7.976	116.056	5.531,36	30-11-09 a 28-12-09	7736	112.596	3.566,14
Soma	60.328	877.812	37.373,70	Soma	72.010	1.047.406	47.430,68	Soma	68.766	999.387	41.096,99

Fonte: Elaboração própria com base em dados recolhidos na Câmara Municipal de Montemor-o-Velho.

Tal como se verificou para o consumo de energia eléctrica, também no consumo de gás natural se verificou um aumento (neste caso de 19%) de 2007 para 2008, e (de 14%) de 2007 para 2009, e uma redução (de 4,5%) de 2008 para 2009⁷.

Conhecidas as características da infra-estrutura, nomeadamente em termos de dimensões e de comportamentos energéticos, importa agora perceber quais os custos e poupanças geradas com a eventual aplicação de sistemas de microgeração a esta infra-estrutura, como se apresenta nos pontos seguintes.

⁶ Os montantes do consumo em euros têm incluído o valor do IVA e do termo fixo.

Para o período de 26/10/2007 a 28/11/2007, não foram obtidos dados.

A facturação do consumo de gás da piscina até Julho de 2008 era efectuada em m³, sendo que a partir dessa data passou a ser apresentado em kWh. Assim, para ser possível ter uma base de comparação dos consumos representados em m³ com os representados em kWh, converteram-se os dados do consumo de gás da piscina anteriores a Agosto de 2008 recorrendo ao cálculo da mediana dos factores de conversão das facturações posteriores a Julho de 2008. A opção assumida tem por base o comportamento quase constante do factor de conversão utilizado nas várias facturações da empresa fornecedora de gás natural.

⁷ Não foi possível apurar se as variações do consumo de gás e electricidade registadas nos diferentes anos se deveram a flutuações no número de utilizadores da piscina, dada a ausência de registo diário dos utilizadores da mesma. Tentou-se, no entanto, auscultar a percepção de responsáveis da instituição para este facto, tendo daí resultado a ideia que a diminuições de 2008 para 2009 poderiam ser parcialmente explicadas pela diminuição da temperatura da água dos banhos em 2009.

5.3. Metodologia

Para proceder à análise proposta, recorreu-se a uma aplicação denominada SolTerm - versão 5.1.0. O SolTerm é um programa de análise de desempenho de sistemas solares elaborado pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG, 2009). Trata-se de uma ferramenta de simulação amplamente utilizada em Portugal, programada com as condições climáticas dos 308 concelhos do país e com as condições técnicas, a nível horário, e bancos de dados modulares de componentes, actualmente vigentes. Este programa permite simular a operação da grande maioria das configurações de sistemas solares e explorar, simultaneamente, a análise de desempenho ao nível das vertentes energética, económica e ambiental. No entanto, importa referir que no caso de sistemas fotovoltaicos a análise de desempenho se limita aos níveis energético e ambiental.

De forma a auxiliar na tomada de decisão relativamente às opções a considerar na aplicação, recorreu-se ainda a um manual de orientações para instalação de colectores solares destinados ao aquecimento de água em pavilhões desportivos e piscinas (DGEG, 2004).

5.4. Sistema Térmico

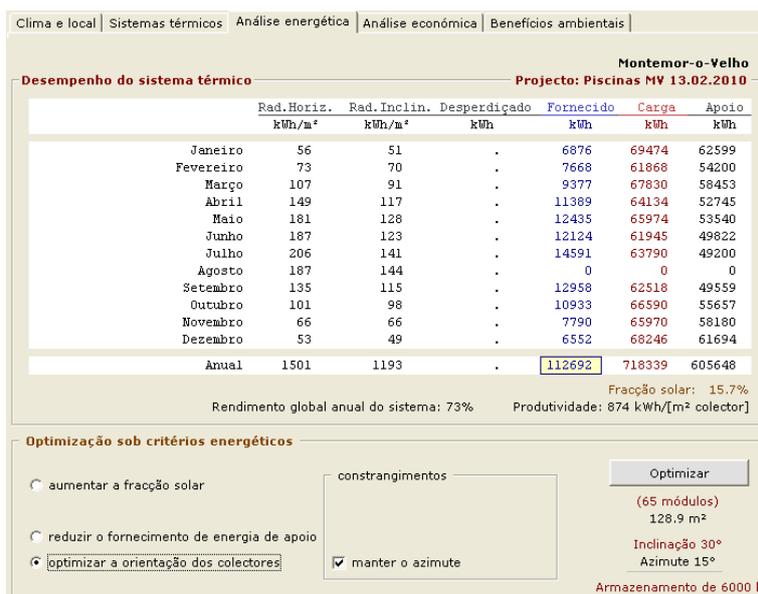
A aplicação tem início com a selecção do concelho em que o investimento se realiza. Ao fazê-lo, o programa apresenta um conjunto de informações relacionadas com o clima e o local, nomeadamente a irradiação solar horizontal sob o céu limpo e a temperatura ambiente.

Em seguida passa-se então à definição das componentes do sistema térmico, nomeadamente: configuração do sistema, tipo de colectores, tipo de permutadores/ depósito, tipo de sistema de apoio e tipo de características de consumo (cargas). O detalhe relativo à configuração do sistema térmico encontra-se descrito no Anexo I.

5.4.1. Análise energética

O programa Solterm 5.1.0 realiza, de forma automática, a análise energética do sistema solar térmico definido, bastando para isso clicar no interface correspondente. Ao fazê-lo verifica-se que, do total de energia necessária para carga (energia pedida pelo consumidor), apenas 15,7% (112.692kWh) são fornecidos pelo sistema solar térmico projectado (ver Figura 5, abaixo):

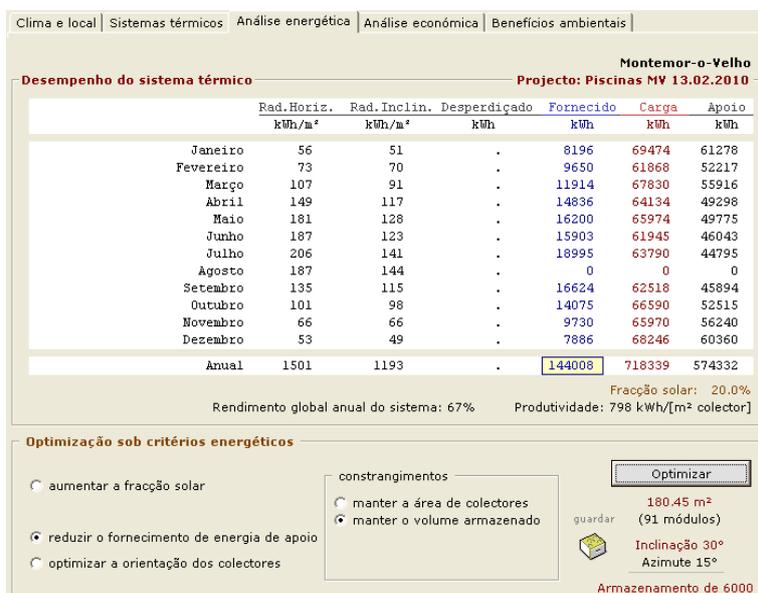
Figura 5: Análise energética do sistema solar térmico



Fonte: Solterm 5.1.0 (LNEG, 2009).

Sem pretender proceder de forma exaustiva à optimização do sistema⁸, optou-se por explorar a opção de redução do fornecimento de energia de apoio, mantendo como constrangimento o volume armazenado, até que a energia fornecida atingisse cerca de 20% do total da carga. Os resultados obtidos apresentam-se na Figura 6, abaixo.

Figura 6: Optimização do sistema solar térmico



Fonte: Solterm 5.1.0 (LNEG, 2009).

⁸ Embora o sistema permita efectuar sucessivas iterações de optimização, de acordo com as expectativas dos investidores, tal não foi efectuado por não ser este o objecto deste trabalho.

Verifica-se que, sob as condições referidas, dever-se-á aumentar o número de módulos de 65 para 91, daí resultando um aumento do fornecimento de energia do sistema e consequente diminuição da necessidade de energia de apoio. Ainda assim, sob estas condições o sistema de apoio terá de suprir cerca de 80% das necessidades energéticas do sistema.

5.4.2. Análise económica

Conforme se pode verificar a partir dos elementos apresentados na Figura 7, abaixo, o programa procede igualmente à estimação de elementos de natureza económica.

Figura 7: Análise económica do sistema solar térmico

Clima e local	Sistemas térmicos	Análise energética	Análise económica	Benefícios ambientais
Dados técnico-económicos do sistema				
Área do painel 180,5 m ²				
Preço do sistema solar: 90227 €				
Componente fixa: 0 €				
Componente variável: 500 € / m ²				
Incentivos: 0 €				
Componente fixa: 0 €				
Componente variável: 0 € / m ²				
Vida útil: 20 anos				
Manutenção anual: 0.1% do preço do sistema				
Renovação de componentes: 1.0% do preço do sistema				
Valor residual: 0.0% do preço do sistema				
Valorização da energia				
Preço actual do combustível: 0.990 €/kg (0.029 €/MJ)				
Custo da energia solar produzida: 0.024 €/kWh (0.007 €/MJ)				
Cenário financeiro sobre 20 anos				
Inflação: 1.5% ao ano				
Deriva do preço da energia substituída: 2.0% acima da inflação				
Rendimento de aplicação financeira segura: 2.5% ao ano				
Analisar interesse quando...				
<input checked="" type="radio"/> há capital disponível para investir				
<input type="radio"/> é necessário um empréstimo bancário				
Sistema solar		Alternativa		
Compra do sistema: -90227 €		Aplicação de capital: -90227 €		
Manutenção: -2118 €				
Reparações: -1063 €				
Custos de energia (apoio): -1711343 € (Custos de energia evitados: 429101 €)		Custos de energia: -2140444 €		
De reinvestimentos: 102931 €		Rendimentos: 57620 €		
Valor residual: 0 €		Restituição do capital: 90227 €		
Balanco		Balanco		
no fim do período: -1804750 € (a preços actuais: -1339974 €)		no fim do período: -2082824 € (a preços actuais: -1546436 €)		
Vantagem: 278074 € (206462 € a preços actuais)				
Instalação de sistema solar compensadora (nestas condições)				
Recuperação do capital ao 9º ano				
Optimização económica				

Fonte: Solterm 5.1.0 (LNEG, 2009).

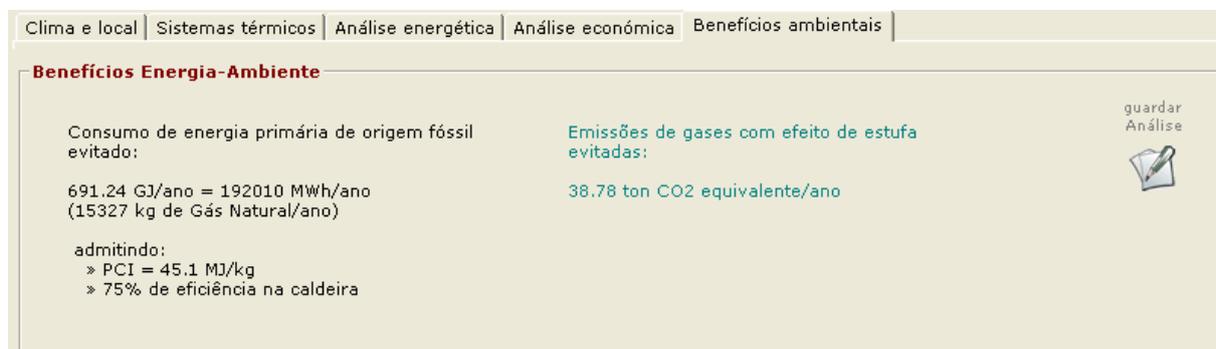
De acordo com a análise económica produzida pelo software, o investimento inicial a suportar com o sistema projectado ascenderia a 90.227,00€. Este montante representa, face ao orçamento para 2009 da Câmara Municipal de Montemor-o-Velho, cerca de 0,23% do total do orçamento e 0,32% do total das despesas de capital. Tal como é apontado pelo software, o sistema projectado é considerado compensador sob o ponto de vista financeiro na medida em que os custos a suportar ao fim de 20 anos sem a aplicação do sistema são 15,41% superiores aos com o sistema. De entre os resultados obtidos, destaque-se que a recuperação do capital

deverá ocorrer ao fim de 9 anos; i.e., o montante que “deixará de se pagar” mensal/anualmente de gás natural, em virtude das águas serem (pelo menos parcialmente) aquecidas pelo sistema solar térmico, permitirá cobrir os custos de instalação e manutenção do sistema num prazo que pode ser considerado como razoável (note-se ainda que a vida útil estimada de um sistema solar térmico é de 20 anos).

5.4.3. Análise ambiental

Assinale-se ainda que, conforme evidenciado na Figura 8, abaixo, a utilização do sistema solar térmico, reduzindo o consumo de combustíveis fósseis (neste caso, o gás natural) irá igualmente permitir reduções no nível de emissões de CO₂ da “responsabilidade” do complexo de piscinas.

Figura 8: Benefícios ambientais do sistema solar térmico



Fonte: Solterm 5.1.0 (LNEG, 2009⁹).

Com efeito, estima-se que a aplicação proposta permitirá que se evite o consumo de 691,24GJ/ano de gás natural e correspondente emissão de 38,78 ton CO₂ eq/ano.

Conforme se poderá verificar pelos resultados obtidos, esta aplicação da microgeração permite evitar a emissão de GEE, confirmando as vantagens apontadas na secção 2.4.1. e assim contribuir para alcançar as metas traçadas para o país no âmbito do Protocolo de Quioto.

⁹ Muito embora a figura mostre o consumo evitado de energia primária de origem fóssil evitado em MWh/ano, foi confirmado junto do LNEG que as unidades que deveriam constar são as de kWh/ano.

5.5. Sistema fotovoltaico

Como referido acima, o programa Solterm permite igualmente efectuar análises de desempenho energético e ambiental (mas não económico) de sistemas solares fotovoltaicos. Apresentam-se pois, em seguida, os resultados do exercício de simulação efectuado para a eventual implementação de um sistema deste tipo no espaço do complexo de piscinas municipal.

Para o referido exercício há necessidade de proceder à introdução no programa Solterm de vários elementos relativos à configuração do sistema solar fotovoltaico. Os detalhes de tal processo poderão ser consultados no Anexo I, destacando-se aqui que tal configuração depende, numa primeira fase, do tipo de sistema considerado, nomeadamente se autónomo ou ligado à rede pública e, numa segunda fase, da configuração do tipo de painel solar e do inversor a instalar.

5.5.1. Análise energética

O potencial de geração eléctrica do sistema fotovoltaico estimado pelo programa Solterm apresenta-se na Figura 9, abaixo.

Figura 9: Análise energética do sistema solar fotovoltaico



Fonte: Solterm 5.1.0 (LNEG, 2009).

Conforme se poderá verificar pela leitura da figura, o sistema solar fotovoltaico definido permite captar 41.601kWh de energia solar incidente. Contudo, desta, apenas 4.689kWh é convertida em energia eléctrica pelo painel e apenas 4.407kWh é fornecida para consumo, o que demonstra que os painéis têm taxas de conversão de radiação solar em energia final muito baixas, neste caso em concreto, na ordem dos 11%.

5.5.2. Análise económica

Apesar de o programa *Solterm* não efectuar a análise económica relativa aos sistemas fotovoltaicos simulados, importa efectuar, ainda que de forma simplificada, uma estimativa dos potenciais custos e proveitos financeiros decorrentes da instalação de tal sistema.

O preço por W do painel fotovoltaico seleccionado ronda os 5€. Isso significa que, neste caso em concreto, e dado que a área total é de 30,2m² (4,2kW), o custo do painel rondará os 21.000,00€, o que adicionando o custo do inversor (2.084€), implica que a aquisição dos equipamentos projectados atinja os 23.084,00€.

Perante este cenário e tendo por base alguns dos pressupostos assumidos no *Solterm* para a análise económica dos painéis solares térmicos, nomeadamente, um tempo de vida da instalação de 20 anos, a renovação de componentes a realizar-se no 11.º ano, o valor das renovações ser 1% do preço do sistema, a manutenção ser de 0,1% do preço do sistema; uma taxa de inflação média de 1,5% ao ano e uma deriva média do preço da energia de 2% ao ano, procedeu-se à análise para os painéis solares fotovoltaicos. Salienta-se no entanto que, neste caso específico, a fonte de energia de referência é a electricidade, pelo que o preço utilizado (0,0726€/kWh) resultou do cálculo da média simples dos preços dos quatro tarifários em vigor para o complexo de piscinas municipais no período de 16-11-2009 a 15-12-2009. Verifica-se que este investimento, sob os pressupostos assumidos, não é viável, dado que em todos os anos (20 anos) de vida útil do equipamento, os *cash-flows* do projecto são sempre negativos tendo-se obtido um VAL de -17.374,00€. Foi no entanto testado qual o valor a que deveria ser remunerada a energia evitada para que, do ponto de vista financeiro, o projecto ficasse equilibrado, tendo-se obtido o montante de 0,2723€/kWh. Sob estas condições, o projecto seria viável do ponto de vista financeiro (VAL=5€) e teria um período de recuperação do capital de 15 anos. Esta remuneração poderia ser obtida, para as situações possíveis, a partir da venda à rede em regime bonificado, onde a taxa de remuneração se situa actualmente nos 0,5573€/kWh. Salienta-se ainda que, muito embora os resultados financeiros não sejam

vantajosos, os decisores das estruturas de poder local poderão considerar que se justifica do ponto de vista económico, i.e. tendo também em conta as dimensões social e ambiental, realizar estes investimentos. Muito embora estas dimensões não sejam geralmente tidas em conta pelas empresas privadas e pelos particulares, os municípios podem (e possivelmente devem) assumir que o objectivo subjacente em investimentos desta natureza não é o lucro financeiro, mas promover e disseminar a utilização de formas de geração de energia menos poluentes e com recurso a factores produtivos endógenos. Se no caso de Montemor-o-Velho, a política municipal passar por esta estratégia, o local de implementação desta hipotética aplicação, seria de um enorme potencial pela sua localização adjacente às escolas preparatória, secundária e primária, mas também pela própria natureza de serviços prestados e de pessoas (de todas as faixas etárias) que frequentam as piscinas.

5.5.3. Análise ambiental

O programa *Solterm* estima igualmente as emissões evitadas, admitindo que a geração de electricidade pelo sistema fotovoltaico corresponde a electricidade que deixará de ser produzida por recurso a fontes fósseis, conforme se apresenta na Figura 10, abaixo.

Figura 10: Benefícios ambientais do sistema solar fotovoltaico

Clima e local	Sistema fotovoltaico	Análise energética	Benefícios ambientais
Benefícios Energia-Ambiente			
Consumo de energia primária de origem fóssil evitado:		Emissões de gases com efeito de estufa evitadas:	
2,06 GJ/ano = 571 MWh/ano		126 kg CO ₂ equivalente/ano	
admitindo para a rede eléctrica pública:			
<ul style="list-style-type: none"> » 9,0% de perdas » 39,0% de fontes renováveis » saldo importador nulo » 40,0% de rendimento médio das centrais termoelectricas 			

Fonte: *Solterm 5.1.0 (LNEG, 2009)*⁹.

Com efeito, verifica-se um benefício ambiental decorrente de se substituir a produção a partir de fontes fósseis de 2,06GJ/ano de energia eléctrica, evitando-se assim a emissão de 126Kg de CO₂ eq/ano.

5.6. Resumo do impacto estimado dos sistemas solar térmico e fotovoltaico

Tendo em consideração a análise efectuada nas duas subsecções anteriores, importa apresentar, em seguida, os custos (no ano zero) da instalação do sistema de microgeração

(térmico e fotovoltaico) projectado, bem como as correspondentes poupanças geradas ao longo do período.

Quadro 4: Resumo dos custos e poupanças do sistema de microgeração projectado

Sistema solar	Custo [€]	Consumo de energia evitada [kWh]	Poupanças de energia [€]	GEE evitados [Kg CO ₂ eq]	GEE evitados [€]
Térmico	90.227,00	192.010	15.173,00	38.780	542,92
Fotovoltaico	23.084,00	571	319,95	126	1,76
Total	113.311,00	192.581	15.492,95	38.906	544,68

Fonte: *Elaboração própria e Solterm 5.1.0 (LNEG, 2009).*

Da leitura do quadro resumo verifica-se que, apesar o investimento inicial poder ser considerado elevado, são obtidas poupanças significativas, sobretudo ao nível do solar térmico. Assim, as autarquias, para além de alargarem esta aplicação a outras infra-estruturas, poderão como já foi salientado e desde que dotadas dos recursos técnicos e humanos qualificados, transpor este *know how* para os particulares prestando-lhes a informação necessária para os encorajar no investimento.

Em suma, com este exercício de simulação demonstrou-se como a instalação de um sistema de microgeração numa piscina municipal poderá trazer vantagens para um município ao nível da factura energética e do saldo ambiental. Adicionalmente, com aplicações deste tipo, procura ilustrar-se como a disseminação da experiência e conhecimento adquiridos com uma instalação específica poderá contribuir para “alavancar” a concretização de instalações noutras infra-estruturas e facilitar a transferência de informação para o munícipe. Por fim, considera-se que “pequenas” iniciativas como esta poderão constituir uma forma embrionária de desenvolvimento de políticas locais de apoio à microgeração.

6. Considerações Finais

O Estado português tem demonstrado empenho na criação de instrumentos que permitam a redução da importação de energia e, simultaneamente, a redução das emissões de GEE. Entre esses instrumentos encontramos um vasto conjunto de diplomas que visam regular a produção de energia e incentivar a eficiência energética, sendo que a promoção das energias renováveis, e em particular da microprodução, têm assumido especial relevância. Contudo, e como é reconhecido pelo governo, esta não tem tido uma expressão significativa.

Se ao nível dos particulares e empresas, em que as iniciativas e medidas traçadas têm assumido maior relevância do que as dirigidas às autarquias locais, os “números da microgeração apontados na secção 3.6 mostram que a efectiva adesão dos mesmos (mesmo com um regime bonificado aparentemente atractivo) pode ser considerada como relativamente fraca face às expectativas criadas (nomeadamente pelo número de registos efectuados no SRM).

Perante este contexto surge a motivação deste trabalho, mais concretamente, em tentar perceber qual é, ou deverá ser, a relação entre a microgeração e o poder local. Qual o papel e nível de participação que o Estado e, em particular, as estruturas de poder local têm ou poderão ter neste processo? Será que a microgeração, se promovida pelo poder local, é mais efectiva? Que factores entram a sua expansão e como ultrapassá-los?

Admitindo-se que havendo outras formas, porventura mais profícuas, de promover esta discussão, neste trabalho em particular, esta foi iniciada pela definição do conceito de microgeração, a descrição das tecnologias disponíveis para produção de energia, a explicitação dos regimes de utilização/organização e as vantagens e limitações. De seguida, apresentou-se o enquadramento da microgeração em Portugal, nomeadamente dos regimes de produção, dos regimes de remuneração, do processo necessário para efectuar o registo do microprodutor e da tarifa aplicada (para aqueles que desejem vender o excesso de energia produzida à rede pública de electricidade), dos incentivos actualmente vigentes e da expressão em números da microgeração em Portugal. De seguida procurou-se ilustrar o potencial da microgeração para as autoridades locais e, simultaneamente, discutir a importância destas entidades na promoção e disseminação da microgeração pelos particulares, empresas e poderes públicos. Para o efeito, sugeriram-se algumas das medidas que poderiam ser aplicadas para estimular uma maior adesão à microgeração e indicaram-se algumas das já promovidas.

Por último, aplicou-se a microgeração a uma infra-estrutura pública municipal recorrendo a uma ferramenta de análise de desempenho de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos (Solterm 5.1.0).

Da discussão travada, admite-se que o montante de investimento (inicial) relativamente avultado, associado à escassez de informação (ou pelo menos a deficiências no acesso à mesma) relativa à microgeração (quer no que respeita aos equipamentos, quer às próprias soluções e alternativas de instalação), e acompanhados do ainda escasso número de casos concretos já aplicados, têm contribuído para alguma resistência de potenciais interessados.

No que respeita às autarquias locais, a forma como iniciativas deste tipo podem ser

apoiadas é ainda relativamente restritiva entre e dentro dos programas presentemente aplicáveis. Deste modo, é também evidente que o investimento em sistemas de microgeração e consequentemente no reflexo da sua acção na actuação dos municípios não tem sido uma prioridade na agenda política da generalidade dos municípios. De facto, os exemplos deste tipo de apostas por parte dos municípios são ainda relativamente escassos, admitindo-se que os mais significativos se restringem aos identificados na secção 4.

Porém, conforme exposto ao longo deste trabalho, com particular incidência na secção 4, argumenta-se que as autarquias podem e devem assumir um importante papel na promoção da microgeração, em particular fruto da sensibilização e efeito de demonstração que pode resultar do factor proximidade com as suas populações. De facto, considera-se que as autarquias locais, para além dos benefícios directos que retiram da implementação de sistemas de microgeração, devem constituir-se como um exemplo e desta forma contribuir para a divulgação e demonstração de boas práticas com vantagens (energéticas, económicas e ambientais) individuais e sociais. Desta forma, também o poder central pode retirar vantagens em sensibilizar e alargar o leque de incentivos e iniciativas dirigidas ao poder local, pois desse modo estará igualmente a contribuir para atingir os objectivos estabelecidos para a adesão a sistemas de microgeração pela generalidade dos cidadãos.

Ainda assim, e mesmo ignorando potenciais alterações ao nível dos incentivos às autarquias, o exercício ilustrativo do potencial da microgeração para uma infra-estrutura como uma piscina municipal, apresentado na secção 5, permitiu demonstrar que iniciativas deste tipo apresentam-se já hoje como relativamente atractivas para as autarquias. De facto, e apesar do investimento inicial poder ser considerado como relativamente elevado para a capacidade financeira de uma autarquia de reduzida dimensão, verifica-se que existem soluções que poderão ser viáveis economicamente, como se verificou na análise dos painéis solares térmicos realizada no ponto 5.4., em que foi estimada uma recuperação económico-financeira do investimento num número razoável de anos. Esta análise já não foi verificada com a aplicação de painéis solares fotovoltaicos (talvez ainda pela fraca taxa de eficiência de conversão da energia incidente em energia eléctrica face aos custos do equipamento), o que não esclarece se, tal como argumentado no ponto 2.2, aplicada outra tecnologia (por exemplo, microturbinas) o investimento se revelasse mais vantajoso. Dado que não foi estudada a hipótese de venda à rede da energia gerada, lança-se o desafio de esta ser um tema de estudo futuro. Também a análise deverá ser promovida para outras tecnologias e, como já argumentado, caso a caso, para se alcançar a melhor solução do ponto de vista técnico e financeiro. À parte destas questões de cariz financeiro, que são obviamente muito importantes

para a gestão das autarquias, considera-se que a selectividade de aplicação num local como o eleito neste estudo, por ser diariamente utilizado por uma grande parte da população, a que acresce o facto da infra-estrutura estar circundada por várias escolas, aumenta fortemente o potencial de demonstração e sensibilização da população da região.

7. Bibliografia

- ADENE (2009) A energia solar quando nasce é para todos [Em linha], [Consult. 12 Dez. 2009], disponível em [www: <URL: http://www.paineissolares.gov.pt/vantagens.html>](http://www.paineissolares.gov.pt/vantagens.html).
- LNEG (2009), *Solterm 5.1.0* [doc. electrónico], Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., Lisboa.
- Aguiar, R.; Coelho, R. (2009) Solterm 5 – Análise de desempenho de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos: Manual de instalação e utilização do software SolTerm, Solterm 5.1.0 [doc. electrónico], Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., Lisboa.
- Allen, S. *et al.* (2008) Prospects for and barriers to domestic micro-generation: A United Kingdom perspective, *Applied Energy*, 85, 528–544.
- Bahaj, A.; James, P.(2007) Urban energy generation: The added value of photovoltaics in social housing, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 2121 – 2136.
- Burton, J.; Hubacek, K. (2007) Is small beautiful? A multicriteria assessment of small-scale energy technology applications in local governments, *Energy Policy*, 35, 6402 - 6412.
- Close, J. *et al.* (2006) 10% from renewables? The potential contribution from an HK schools PV installation programme, *Renewable Energy*, 31, 1665 – 1672.
- Departamento do Comércio e da Indústria do Reino Unido (2006) *The Energy Challenge - Energy Review Report 2006*, Departamento do Comércio e da Indústria do Reino Unido, Londres.
- DGEG (2004) *Colectores Solares para Aquecimento de Água Pavilhões Desportivos e Piscinas*, Direcção Geral de Energia e Geologia, Lisboa, 2.^a edição.
- DGEG (2007) *Estatísticas – Indicadores energéticos*, Direcção Geral de Energia e Geologia, [Em linha], [Consult. 02 Abr. 2009], disponível em [www: <URL: http://www.dgge.pt>](http://www.dgge.pt).
- Energy Saving Trust (2005) *Potential for Microgeneration - Study and Analysis*, Energy Saving Trust, Londres.
- Keirstead, J. (2007) The UK domestic photovoltaics industry and the role of central government, *Energy Policy*, 35, 2268 – 2280.
- London Renewables (2003) *Attitudes to renewable energy in London: public and stakeholder opinion and the scope for progress*, Greater London Authority, Londres.
- Lopes, J. *et al.* (2003) *Management of MicroGrids*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

- MacGregor, J. (2007) *Finding the Energy – Domestic Microgeneration and Planning*, New Local Government Network.
- Ministério da Economia e da Inovação (2007) *Renováveis na Hora – Microprodução renovável na hora: concretização de mais um objectivo da Estratégia Nacional para a Energia* [Em linha], [Consult. 4 Abr. 2009], disponível em [www: <URL: http://www.energytop.pt/Pages/Docs/microproducao.pdf>](http://www.energytop.pt/Pages/Docs/microproducao.pdf).
- Ministério da Economia e da Inovação (2008) *Guia para a certificação de uma unidade de microprodução (versão 006-09/08)* [Em linha], [Consult. 10 Out. 2008], disponível em [www:<URL: http://www.renovaveisnahaora.pt/guiamicroproducao>](http://www.renovaveisnahaora.pt/guiamicroproducao).
- Ministério da Economia e da Inovação (2009) *Renováveis na Hora: ponha a sua casa a trabalhar*, [Em linha], [Consult. 14 Mar. 2009], disponível em [www:<URL: http://www.renovaveisnahaora.pt/inicio>](http://www.renovaveisnahaora.pt/inicio).
- Ministério da Economia e da Inovação (2010) *Renováveis na Hora: Ponha a sua casa a trabalhar – Informações* [Em linha], [Consult. 30 Jan 2010], disponível em [www:<URL: http://www.renovaveisnahaora.pt/30>](http://www.renovaveisnahaora.pt/30).
- Pehnt, M. (2008) Environmental impacts of distributed energy systems - The case of micro cogeneration, *Environmental Science & Policy*, 11, 25 - 37.
- Portal das Energias Renováveis (2009) *Conversão: energia solar eléctrica ou fotovoltaica (PV)* [Em linha], [Consult. 02 Set. 2009], disponível em [www:<URL: http://www.energiasrenovaveis.com/DetalleConceitos.asp?ID_contenido=38&ID_area=8&ID_sub_area=26>](http://www.energiasrenovaveis.com/DetalleConceitos.asp?ID_contenido=38&ID_area=8&ID_sub_area=26).
- QREN 2007-2013 (2009) *Regulamento específico “Energia”*, Quadro de Referência Estratégico Nacional 2007-2013, aprovado pela Comissão Ministerial de Coordenação dos PO Regionais de 28 de Março de 2008 e revisto em 14 de Agosto de 2009.
- Sauter, R.; Watson, J. (2007) Strategies for the deployment of micro-generation: Implications for social acceptance, *Energy Policy Journal*, 35, 2770-2779.
- Sauter, R. *et al.* (2006) *Economic Analysis of Micro-generation Deployment Models*, Working Paper Series Number 2006/1, Economic & Social Research Council.
- Seng, L. *et al.* (2008) Economical, environmental and technical analysis of building integrated photovoltaic systems in Malaysia, *Energy Policy*, 36, 2130 – 2142.
- Sorrell, S. *et al.* (2000) *Reducing barriers to energy efficiency in public and private organizations*, University of Sussex, Brighton.
- Watson, J. (2004) Co-provision in sustainable energy systems: the case of micro-generation, *Energy Policy Journal*, 32, 1981-1990.
- Watson, J. *et al.* (2008) Domestic micro-generation: Economic, regulatory and policy issues for the UK, *Energy Policy Journal*, 36, 3095-3106.

Anexo I

Neste anexo descreve-se a forma como foram definidos os sistemas solares, térmico e fotovoltaico, em estudo, de forma a proceder à selecção dos “inputs” a introduzir no programa Solterm (LNEG, 2009).

1. Configuração do sistema solar térmico

De acordo com o manual do Solterm (Aguiar e Coelho, 2009:19) se os consumos não estiverem alinhados com a fracção solar do sistema (contribuição do sistema solar em si para o consumo solicitado), o sistema solar terá um desempenho modesto, sendo mais adequada a configuração básica com depósito. Assim, perante as várias opções de selecção do sistema (sem depósito, com depósito, kit doméstico e multi) foi seleccionada a opção de depósito.

1.1. Colector

No que diz respeito ao colector, o interface necessita da especificação do modelo de colector a utilizar, do número de colectores e orientação do painel (inclinação em relação à horizontal e azimute).

A aplicação SolTerm tem predefinidos vários tipos de colectores, nomeadamente do tipo: colector plano, colector cilíndrico parabólico composto (CPC) e colector tubo de vácuo. De acordo com a DGEG (2007: 13-16) os colectores planos com cobertura podem funcionar eficientemente durante todo o ano, atingindo-se temperaturas máximas de funcionamento de 50° e, com recobrimentos selectivos, temperaturas entre os 60° e os 70° e rendimento na ordem dos 50%. Já os colectores do tipo CPC e a vácuo atingem temperaturas de funcionamento superiores, nomeadamente até 110° e 120°, respectivamente. A escolha do tipo de colector teve por base a orientação da DGEG (2004: 15) de que:

para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e aquecimento de água da piscina, a quantidade de calor perdida aumenta com a diferença entre a temperatura a que se pretende conservar a água e a temperatura ambiente. Por isso procura-se que a temperatura da água seja a mínima compatível com a necessária para a utilização requerida.

Face ao exposto, a temperatura das AQS ronda os 40°, pelo que os colectores planos parecem ser uma boa solução a adoptar nas piscinas e assim no estudo aqui efectuado. O colector plano testado é denominado de “De sol a sol – CB 2003”, com uma área de 1,98 m².

O passo seguinte consiste em configurar o número de colectores necessários. Para o efeito procurou-se apurar a potencial nominal desejável face ao consumo de gás registado. O valor apurado foi de cerca de 90 kW nominal, pelo que serão necessários cerca de 65 colectores e portanto uma área de 128,9 m².

Nesta fase de definição dos colectores resta definir a orientação do painel e o caudal de circulação colector/permutador. O programa optimiza de forma automática estes dados. No caso da orientação esta é feita com base na localização anteriormente definida e foi apurada como sendo de 30° e o azimute a 15°. Ver figura seguinte:

Figura A1: Energia incidente diária média (kWh/m²)

I n c i d e n c i a ç ã o	70°	2,43	2,63	2,78	2,88	2,91	2,90	2,85	2,76	2,64
	65°	2,55	2,76	2,91	3,01	3,05	3,04	2,99	2,90	2,78
	60°	2,66	2,87	3,03	3,13	3,17	3,16	3,11	3,02	2,91
	55°	2,77	2,97	3,13	3,23	3,27	3,26	3,21	3,13	3,02
	50°	2,86	3,05	3,21	3,31	3,34	3,34	3,30	3,23	3,13
	45°	2,94	3,12	3,27	3,37	3,40	3,40	3,37	3,31	3,22
	40°	3,00	3,18	3,32	3,41	3,44	3,44	3,42	3,37	3,30
	35°	3,05	3,22	3,34	3,43	3,46	3,46	3,45	3,41	3,36
	30°	3,09	3,24	3,35	3,42	3,45	3,46	3,46	3,44	3,41
	25°	3,12	3,24	3,34	3,40	3,43	3,44	3,45	3,46	3,45
		-60°	-45°	-30°	-15°	0°	15°	30°	45°	60°
		Azimute								

Fonte: Solterm 5.1.0 (LNEG, 2009).

1.2. Permutador

De acordo com as orientações que constam do programa Solterm 5.1.0 (LNEG, 2009), a existência de um permutador no sistema é considerada desejável na medida em que permite a adição de anticongelante no fluido que circula nos colectores, para evitar contaminação bacteriana e para minimizar a acumulação de depósitos minerais e a corrosão. Atendendo a que se indica que os permutadores externos não devem ser usados para sistemas pequenos, sendo utilizados nestes casos permutadores de serpentina ou de camisa, optou-se pela selecção de um permutador externo com uma eficácia de 75%.

1.3. Depósito

A escolha do tipo de depósito teve por base as necessidades de armazenamento de água da piscina municipal de Montemor-o-Velho e a informação do manual do Solterm de que, na ausência de informação, deve ser adoptado o valor recomendado de 1 W/K/m². No caso concreto foi configurado um modelo de depósito com 3.000 litros com as características que a seguir se indicam:

Quadro A1: Características do depósito

Depósito de 3.000 litros – características	
Volume	3.000 l
Localização do depósito	Abrigado
Posição	Vertical
Área externa	13,65 m ²
Coefficiente de perdas térmicas específico	1,00 W/m ² /°C
Coefficiente de perdas térmicas global	13,7 W/K

Fonte: Elaboração própria a partir da configuração do depósito do Solterm 5.1.0 (LNEG, 2009).

Refira-se ainda que a solução em estudo pondera a colocação de dois depósitos de 3.000 litros.

1.4. Apoio

O objectivo nesta fase da definição do sistema, consiste na escolha das características do sistema auxiliar ao qual se irá recorrer quando o sistema solar térmico não for suficiente para os consumos. No caso específico das piscinas municipais de Montemor-o-Velho, o sistema actualmente existente é o gás natural, pelo que se optou por manter o mesmo sistema. O rendimento da queima e o poder calorífico inferior seleccionado foi o predefinido pelo programa, nomeadamente 75% para o primeiro e 45,2 MJ/Kg para o segundo.

1.5. Características do consumo

Nesta etapa, é definido o comportamento do consumo. Esta fase do programa carece de dois tipos de dados: consumos, em litros e por mês, de águas quentes sanitárias e o número de utilizadores por hora e mês dos tanques de água.

Perante os dados obtidos e tendo em conta o horário de funcionamento da piscina, foram configurados quatro perfis de consumo, nomeadamente: 1) consumo de água quente sanitária de segunda a sexta, 2) consumo de água quente sanitária ao sábado, 3) utilização dos tanques de segunda a sexta e 4) utilização dos tanques ao sábado.

Note-se que, uma vez que os dados disponibilizados dizem respeito à utilização de uma semana, o sistema foi configurado de forma a que todos os meses (com excepção do mês de Agosto em que a piscina se encontra encerrada ao público) os consumos fossem constantes.

Também as prioridades de consumo têm de ser definidas. Neste caso em concreto foi atribuída prioridade ao aquecimento de águas quentes sanitárias e só depois ao aquecimento de água dos tanques.

Com base nos dados/inputs seleccionados, o programa permite a análise energética das opções tomadas, optimizando a solução.

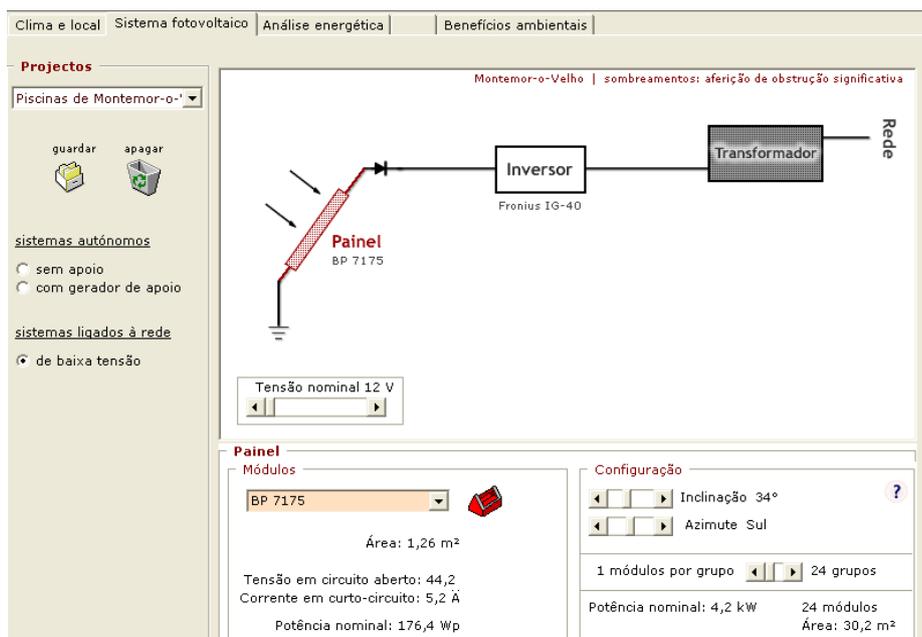
2. Configuração do sistema solar fotovoltaico

A configuração do sistema solar fotovoltaico varia em função do tipo de sistema considerado, se autónomo ou ligado à rede pública. No nosso caso específico, foi considerado o segundo tipo, ou seja, um sistema ligado à rede. Feita esta selecção, apenas terão de ser definidos dois tipos de componentes, nomeadamente o painel solar e o inversor.

2.1. Painel solar

A definição dos componentes não teve em conta as necessidades energéticas a satisfazer mas pretendeu testar a análise energética e os benefícios ambientais gerados pelas escolhas realizadas. Assim, testaram-se 24 módulos de painéis do tipo BP 7175, cuja potência nominal é de 4,1kW (ver Figura A2, a seguir).

Figura A2: Configuração do painel solar fotovoltaico

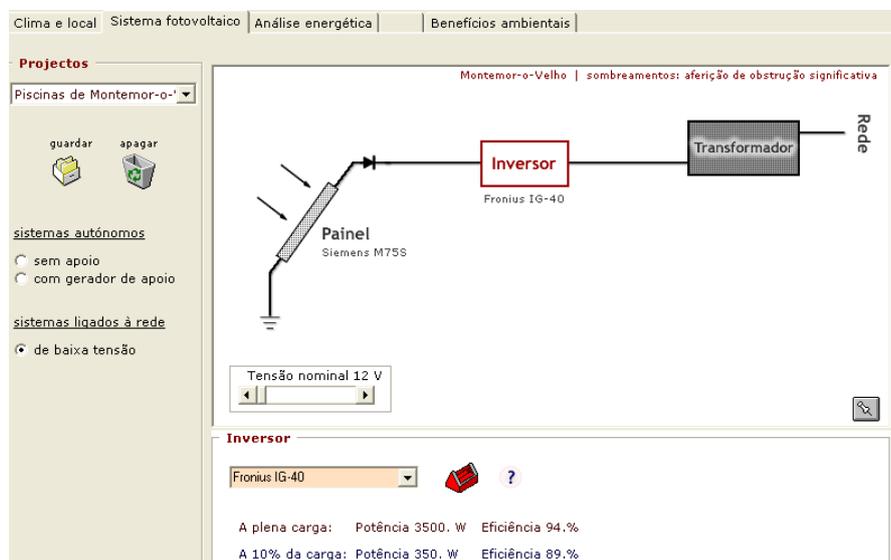


Fonte: Solterm 5.1.0 (LNEG, 2009).

2.2. Inversor

Foi seleccionado um modelo de inversor pré-definido pelo programa, nomeadamente o modelo Fronius IG-40 e uma tensão nominal de 12V, conforme se poderá visualizar na Figura A3, abaixo.

Figura A3: Tipo de inversor seleccionado para o sistema solar fotovoltaico



Fonte: Solterm 5.1.0 (LNEG, 2009).