

# **AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÓMICA DA ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA: ESTUDO DE CASO DA POLÍCIA DE SEGURANÇA PÚBLICA**

## **ASSESSMENT OF ECONOMIC VIABILITY FOR PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY: CASE STUDY OF POLÍCIA DE SEGURANÇA PÚBLICA**

**Sónia M. A. Morgado**

ICPOL – Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna, Portugal e Escola Superior de Desporto de Rio Maior – Instituto Politécnico de Santarém, Santarém

[smmorgado@psp.pt](mailto:smmorgado@psp.pt)

**Mário Sousa**

Polícia de Segurança Pública, Portugal

[mfssousa@psp.pt](mailto:mfssousa@psp.pt)

### **RESUMO**

A escolha de uma fonte de energia é expectável em face da consciencialização ambiental e dos custos orçamentais da polícia. O artigo examina a sustentabilidade económica da implementação da energia solar fotovoltaica nas esquadras da polícia, com a definição do custo, *payback*, retorno do investimento, valor atual líquido, taxa interna de rentabilidade e viabilidade do investimento. A par da análise económica, uma análise de *clusters* para aferir da influência do tipo de esquadra para o dimensionamento do sistema. Especificamente o artigo examina argumentos económicos para a introdução e as políticas para as diferentes dimensões. A sustentabilidade da aplicação revelou um *payback* de 9,4 anos, ROI de 243,6% e um retorno sobre o investimento no longo prazo (25 anos), de 35.853,91€. As esquadras integradas apresentaram valores mais elevados do que as destacadas. A implementação da energia solar fotovoltaica induz a ganhos de capital e rendimento e reduz a perda de energia.

**Palavras-chave:** Análise de *clusters*, Energia solar fotovoltaica, Polícia de Segurança Pública, Sustentabilidade, Viabilidade económica.

### **ABSTRACT**

The choice of an appropriate energy source is long due considering the environmental concerns as also the costs for police budget. The article examines the economic advantages of implementing the photovoltaic solar energy in police station, by defining the cost, *payback*, return on investment, internal rate return and viability of investment. Along with the economic analysis, a cluster analysis was made for revealing the influence of the police stations characteristics for the dimension of the system. More specifically, the paper examines the economic arguments for introducing the solar energy as a choice, and policy practices for the various dimensions. The sustainability of the application presented a *payback* of 9,4 years, ROI 243,6% and in the long term, 25 years, of 35.853,91€. Integrated police stations presented higher values than the leading ones. The implementation of photovoltaic solar energy panels induces in capital gains, reduction of loss energy and new sources of capital income.

**Keywords:** Cluster analysis, Economic viability, Photovoltaic solar energy, Polícia de Segurança Pública, Sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

A origem da energia tem, até à tardo-modernidade, residido maioritariamente nos combustíveis fósseis, que pelas suas características adjacentes não são renováveis e são limitados no tempo.

A crescente consciencialização deste fenómeno, a par da responsabilidade ambiental e corporativa, decorrente da necessidade de proteção do meio em que nos inserimos, incutiu um novo comportamento, consolidando a procura de novas formas de energia.

Destarte, a energia assume um papel fundamental perante o incremento do seu consumo, quer nos países desenvolvidos (Dincer, 2000), quer nos países emergentes.

A finitude dos combustíveis fósseis torna insustentável o seu consumo a médio/longo prazo (Singh & Singh, 2012), que aliado à sua alta emissão de gases de efeito de estufa (Varun, Prakash, & Bhat, 2009), à crise económica existente, ao constante aumento dos seus preços, e às catástrofes naturais decorrentes (derrame de petróleo em 2002 pelo Prestige, Falha de poço subaquático da Shell em 2016, acidentes nucleares – Fukushima 2011 e Chernobil 1986), promove a procura de novas formas de energia substitutas.

A energia é um ponto central da sociedade industrializada e tecnologicamente dependente, constituindo-se, como afirma Dincer (2011), como a nova agenda do mundo.

Na atualidade tem-se verificado um desenvolvimento tecnológico exponencial e uma crescente dependência dos mais diversos equipamentos elétricos, provocando, conseqüentemente, uma igual necessidade de recursos energéticos. Com isto, é necessário uma procura e um investimento em larga escala em fontes de energia alternativas. Existem diversas fontes de energia renováveis das quais podemos destacar: a energia eólica, considerada uma fonte pouco rentável, a energia hidroelétrica, tratando-se de uma fonte dependente de sazonalidade e que requer um forte investimento, e a energia solar (Proença, 2007).

Dentre as energias renováveis, a energia solar consiste na captação da radiação emitida pelo Sol podendo resultar em aquecimento de água, energia térmica ou energia elétrica (Guo, 2012, Proença, 2007). A energia solar tem um potencial teoricamente infindável (Proença, 2007), porque a sua utilização permite reduzir o consumo dos combustíveis fósseis na medida em que consegue custos competitivos, e é passível de ser melhorada e os seus custos reduzidos (Dincer, 2011).

A utilização da energia solar apresenta diversas vantagens como a não produção de gases nocivos e poluentes para o ambiente e a inexistência de constrangimentos geográficos (Guo, 2012). Como tal, é uma energia limpa e sem repercussões negativas ambientais, estando disponível a todos.

Contudo, as energias renováveis também têm desvantagens. Atualmente, o sector dos transportes é o maior consumidor de energia na União Europeia - UE (Casalinho, 2008; Eurostat, 2014), sendo que uma grande parte utiliza derivados de petróleo. Apesar da criação de veículos híbridos e elétricos estar a alterar este paradigma, ainda se encontra num estado embrionário e os seus custos são elevados e a sua autonomia tem um alcance parco. Outra desvantagem das energias renováveis prende-se com a existência de picos de consumo de eletricidade no setor doméstico (Casalinho, 2008), que regista elevados consumos de energia. Embora coexistam diversos sistemas de energias renováveis, a produção de grande parte dos sistemas está condicionada pelas suas próprias limitações e condições naturais, causando dificuldades em suportar os picos supramencionados.

Uma vez que os combustíveis fósseis são a principal fonte de produção energética e a diminuição das suas reservas induz à exploração de outras de difícil acesso, por se encontrarem no fundo dos oceanos, os custos da sua extração são crescentes (Singh & Singh, 2012). Com a consciencialização destes factos e do impacto negativo ambiental provocado pela exploração destas energias, surge a necessidade de procurar fontes de energia alternativas.

Não só os consumidores, mas também o sector empresarial, deverão estar sensibilizados para a eficiência energética e pela procura de novas energias renováveis. Só dessa forma é possível um investimento na inovação, desenvolvimento de novas tecnologias para a produção de energia elétrica e disseminação das mesmas.

Neste contexto, a incorporação das energias renováveis em edifícios em ambiente urbanos tem sido ativamente promovida (Koo, Hong, Park, & Yun, 2014).

As Forças e Serviços de Segurança, estando ao serviço da comunidade e como instituições que representam o Estado, deverão evoluir e acompanhar as inovações e tecnologias para escoltarem as necessidades da comunidade e dignificarem o próprio Estado. Como tal, a Polícia de Segurança Pública (PSP) deve, de igual forma, modernizar-se e acompanhar o crescimento exponencial das tecnologias, tirando o melhor partido das mesmas de forma a satisfazer as necessidades existentes.

Decorrente da crescente preocupação com questões ambientais e económicas consequentes do aquecimento global e da crise económica, a PSP, como instituição de relevo do Ministério da Administração Pública, deve cuidar da sua imagem e até mesmo ser um exemplo na procura de fontes renováveis de energia. Assim, carece de investir em novas Fontes de Energia Renováveis (FER) para alcançar esses fins e obter uma redução de custos a médio/longo prazo.

O artigo consiste numa análise da aplicação de uma das tecnologias disponíveis no mercado de energias renováveis nas infraestruturas da PSP. Embora seja verificável um esforço da instituição na eficiência energética, esta ainda não está suficientemente sensibilizada para a necessidade de apostar em energias renováveis. O objeto de estudo consiste na análise da sustentabilidade económica da aplicação de painéis solares fotovoltaicos num Comando da PSP, sob os quais se enformam os objetivos específicos. A saber: i) descrever as tecnologias existentes para a conversão da radiação solar em eletricidade; ii) identificar as potencialidades e limitações da aplicação dos painéis solares fotovoltaicos; iv) dimensionar a aplicação de painéis de energia fotovoltaica; v) avaliar a exequibilidade e sustentabilidade económica sobre a aplicação destes painéis; e vi) analisar a relação do tipo de esquadra na aplicação da tecnologia.

## **2 ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL**

O Sol, estrela anã amarela, é a nossa principal fonte de energia e uma das razões da existência de vida no planeta Terra. Este, para além de emitir luz, transmite calor que permite as condições específicas existentes no nosso planeta.

A energia do Sol é uma energia limpa e limitada apenas pelo tempo de vida deste (Casalinho, 2008). Este, a cada hora, produz uma quantidade de energia superior à consumida por todo o planeta durante um ano (Proença, 2007). Demonstrando assim a potencialidade existente na energia do Sol, torna-se necessário criar meios para a utilizar satisfazendo as necessidades existentes e crescentes.

### **2.1 Radiação Solar**

A energia emitida pelo Sol, sob forma de luz infravermelha e radiação ultravioleta, é designada como radiação solar, resultante das reações de núcleos leves formando núcleos pesados (fusão nuclear de átomos de hidrogénio, dando origem a átomos de hélio).

Parte desta radiação solar é refletida pela nossa atmosfera, apesar de não o ser de forma constante, já que o Sol tem um ciclo de atividade máxima e mínima de 11 anos, tendo atingido o seu período de atividade máxima no ano de 2013 (Harrington, 2014).

A radiação solar poderá ser distinguida em diversas componentes: radiação direta, a radiação que é captada sem sofrer qualquer alteração de direção; radiação difusa, que alcança a superfície terrestre após ter sido dispersa da radiação direta por moléculas existentes na atmosfera; e radiação refletida, a radiação que sofreu uma alteração de direção pelo contacto com qualquer superfície (Badescu, 2008).

Pelo seu contacto com diversos tipos de matéria poderá ser transmitida, refletida ou absorvida. Da radiação emitida pelo sol, cerca de 51% é absorvida e convertida no aquecimento de matéria, sendo relevante para o estudo em causa pela suscetibilidade de ser utilizada para transformar a radiação em energia elétrica, através de sistemas fotovoltaicos, ou para aquecer fluidos através de sistemas solares térmicos. As restantes formas de radiação, por não produzirem alterações térmicas, não são possíveis de captar, sendo consideradas como perdas.

A radiação solar pode variar conforme a distância da Terra ao Sol (Guo, 2012) provocada pelo movimento de translação e rotação da Terra, alterando o grau de incidência, também provocado pela inclinação do eixo da Terra. A radiação percorre o seu caminho mais curto, transmitindo uma maior intensidade quando a sua direção se encontra perpendicular à superfície terrestre.

## 2.2 Fontes de Energias Renováveis

O Sol, estrela anã amarela, é a nossa principal fonte de energia e uma das razões da existência de vida no planeta Terra. Este, para além de emitir luz, transmite calor que permite as condições específicas existentes no nosso planeta.

O paradigma atual no mundo e, conseqüentemente, em Portugal é baseado numa dependência em combustíveis fósseis para cobrir todas as necessidades da humanidade. O programa *United Nations Environment Programme*, a decorrer desde 1972, analisou diversos estudos por forma a articular uma potencial redução de emissões nos diversos sectores económicos, tendo destacados os seguintes setores pela sua dependência por estes combustíveis: o sector da produção de eletricidade; o sector industrial; o sector dos transportes; e o sector de infraestruturas.

A grande dependência dos combustíveis fósseis, não só se apresenta como uma opção economicamente cada vez menos viável, pela sua inflação, mas também negativamente impactante no ambiente e na qualidade de vida humana, pelas suas emissões de gases de efeito de estufa, e ainda como provocador de instabilidade económica, política e humanitária, pois a sua dependência é exponencial e a sua escassez provoca um desequilíbrio entre os países produtores e consumidores (EDP, 2013), cujas externalidades negativas numa cartelização de preços, controle de matérias-primas, entre outras.

Uma vez que a União Europeia (UE) tem o objetivo de atingir 80 % das emissões emitidas em 1990, verifica-se que a tendência das emissões está conforme o desejado. Apesar das emissões significativamente superiores à média europeia, Portugal demonstra uma tendência positiva de decréscimo das mesmas ao longo dos anos (144,43% em 2002, para 114,14% em 2013) (Eurostat, 2014).

Relativamente ao consumo final de origem renovável, Portugal encontra-se acima da média da UE e com uma tendência positiva para atingir o seu objetivo de 31%, verificando-se um aumento de 5,1 pontos percentuais de 2005 (19,8%) a 2011 (24,9%) (Eurostat, 2014). Pese embora a forte dependência energética de Portugal em relação ao exterior, a mesma é decrescente (DGEG, 2014).

Além dos referidos fatores, a utilização de combustíveis fósseis não é, uma fonte de energia sustentável. Com o crescimento populacional do mundo e o desenvolvimento tecnológico a aumentarem a procura de energia, é previsível a rápida escassez destes combustíveis. Contudo, com a consciencialização destes fatos por parte das organizações governamentais e da sociedade atual, verifica-se um maior investimento e a criação de melhores condições para a promoção do desenvolvimento e das aplicações de Fonte de Energias Renováveis (FER) (Bahaj, 2002; Varun, Prakash, & Bhat, 2009). Dever-se-á, portanto, investir ainda mais em equipamentos eficientes que permitam um melhor rendimento e otimização do sistema energético, reduzindo as perdas, tal como numa utilização racional e responsável dos recursos disponíveis.

Para a obtenção de um sistema energético sustentável, torna-se necessário apostar em FER e com baixos níveis de emissões, utilizando recursos naturais renováveis para a produção de energia, pelo que é promover o investimento e desenvolvimento das FER com o intuito de patentear o *cocktail* energético mais eficiente (Calais, 2011; Dincer, 2011).

Das diversas fontes energéticas disponíveis destacam-se: i) Hidráulica – Tendo como sua fonte a energia potencial (energia associada à interação entre corpos) uma massa de água que alimenta mecanismos permitindo a produção de energia (Varun et al., 2009)<sup>1</sup>; ii) Eólica – A energia eólica tem como sua fonte o vento<sup>2</sup>; iii) Geotérmico – Tem como fonte de energia a temperatura proveniente do interior do planeta em determinadas localizações através de águas quentes ou vapores de água<sup>3</sup>; iv) Energia das ondas – A sua fonte de energia advém do movimento das ondas oceânicas.<sup>4</sup>; v) Bioenergia – Esta energia deriva de organismos vivos que podem ser utilizados como combustíveis líquidos, sendo também conhecida como biomassa e biocombustíveis<sup>5</sup>; vi) **Solar** – Esta forma de energia tem origem na captação de energia luminosa e térmica proveniente do Sol, podendo ser utilizada para a produção de eletricidade ou para o aquecimento<sup>6</sup>.

Posto isto, é expectável que grande parte destes sistemas e outros novos se perfetibilizem e sejam aplicados nos diversos países em conformidade com as condições de cada um, tendo em vista a sua sustentabilidade e capacidade de produção.

### 2.3 Sustentabilidade

A elevada dependência do combustível implica uma limitação económica das organizações, sociedades e países. Este fenómeno está interconectado com a necessidade de sob o ponto de vista ambiental, e de responsabilidade corporativa e social indagar uma abordagem ecológica e eficiente ao consumo energético.

---

<sup>1</sup> Esta apresenta-se como uma excelente fonte de energia, tanto pelo seu carácter abundante, como pela sua flexibilidade nos períodos e intensidade de produção, e pelo fato do recurso utilizado não ser consumido na produção. Tem como limitação: a localização da sua construção, a perturbação de ecossistemas e o elevado investimento necessário para a mesma. Esta forma de produção de eletricidade destaca-se pelo seu alto rendimento, podendo atingir os 90 % da sua eficiência (Castro, 2011).

<sup>2</sup> É utilizada pelo Homem há milhares de anos para bombear água e para a moagem. O vento tem a sua origem nas diferenças de pressão atmosférica e é em maiores altitudes que se verificam os ventos mais rápidos e menos turbulentos, sendo necessário construir turbinas eólicas a pelo menos 30 metros do solo. Para determinadas aplicações menos exigentes, é possível utilizar microgeradores eólicos, viáveis de instalar em ambiente urbano. Esta tecnologia apresenta vantagens como a tendência para a redução do seu custo e a compatibilidade com outros tipos de utilização do terreno onde são implementadas, seja em terra ou em mar. Portugal, pelas suas características geográficas destaca-se como dos principais países a apostar nesta fonte de energia renovável. O seu principal inconveniente é a necessidade de um estudo rigoroso do local de construção e dos ventos, podendo, no entanto, estes fatores variar e serem de difícil previsão. Para além da dificuldade de prever a sua sustentabilidade económica, pode ainda influenciar as rotas de migração de aves e a instalação dos equipamentos desta natureza podem ser considerados como poluição sonora e visual. (Estanqueiro, 2005; Stewart, Pullin, & Coles, 2007; Varun et al., 2009)

<sup>3</sup> Este sistema pode ser utilizado tanto para produção de eletricidade como para o aquecimento e arrefecimento de edifícios através de bombas de calor instaladas no subsolo. Apesar de ser uma fonte de energia viável, tem diversas desvantagens como a contribuição para a poluição pela libertação de gases, odores e outras substâncias prejudiciais para a saúde e ambiente e a limitação geográfica. Poderá ser utilizada tanto para fins de produção energética como de aquecimento e arrefecimento.

<sup>4</sup> É uma fonte que apesar de se encontrar num estado embrionário de desenvolvimento, tem grandes potencialidades, pois cerca de 70 % da superfície da Terra está coberta por oceanos movimentados pela força gravitacional da lua e pelo vento, apresentando-se como o maior coletor solar do mundo. Desta forma é possível distinguir a produção de energia elétrica e térmica. Portugal, pela sua posição geográfica, apresenta-se como um dos países com potencial para explorar esta energia, embora nesta fase representar custos elevados para o seu desenvolvimento (Cruz & Sarmiento, 2005)

<sup>5</sup> Esta energia é utilizada desde a pré-história, onde o Homem utilizava a combustão de madeira para afugentar animais e para o seu aquecimento. Esta energia pode ser obtida das mais variadas fontes como plantas, componentes orgânicos e resíduos urbanos e industriais. Apesar de determinados biocombustíveis, como o bioetanol e biodiesel, se apresentarem como um bom substituto para os combustíveis utilizados nos transportes, não existem recursos suficientes para suprir as necessidades atuais. A sua aplicação é muito multifacetada, podendo ser para produção de eletricidade, aquecimento e arrefecimento e para o sector dos transportes.

<sup>6</sup> Apresenta vantagens como: a reduzida necessidade de manutenção, a crescente eficiência dos equipamentos utilizados, o custo de instalação ser relativamente reduzido, a flexibilidade de aplicação, não produzir ruído e, no caso de edifícios empresariais, os períodos de maior produção corresponderem aos períodos de maior consumo. No entanto, apresenta alguns inconvenientes tais como: o limitado sistema de armazenamento de energia, a possível quebra de produção em determinados locais, devido a agentes externos, e a limitação imposta pelo movimento de translação e rotação da Terra, causando variações na capacidade de produção (Ho, Frunt, & Myrzik, 2009).

De facto, a sustentabilidade é “uma linha de pensamento que defende a compatibilização da preservação do património natural com o desenvolvimento económico e social” (Pimenta, 2013, p. 13).

Chamamos para o debate energético da ação, o princípio fundamental da sustentabilidade, que deriva do latim *sustentare*. O princípio subjacente, como valor que deve reger a atuação das organizações em todos os tempos e, em especial, nos momentos de crise e de definição de novas estratégias energéticas, tem o seu *core* na justiça, para que se garanta uma utilização equilibrada dos recursos escassos do planeta inter e intra-geracional.

A energia é o elemento primordial da vida humana, pelo que a acessibilidade, a segurança e o recurso à mesma é de elevadíssima importância no crescimento sustentável das sociedades moderno-contemporâneas (Varun et al., 2009).

É uma realidade que a “eficiência económica e riqueza de uma sociedade depende da melhor escolha da técnica de obtenção de recursos energéticos (Weißbach et al., 2013, p. 210). Daqui decorre o benefício e a sustentabilidade que Akella, Saini e Sharma (2009) propõem para a sociedade global: criação de empregos; crescimento do rendimento das famílias e indissociavelmente das organizações; crescimento da atividade económica direta e indireta; aplicação custo-efetiva; melhoria do ambiente e da qualidade de vida e maior equidade inter-países, pela não dependência energética.

A premência de pensar estrategicamente a triologia axiológica, sociedade-economia-ambiente é o garante do encontro entre benefícios para a geração atual e vindouras, criando um espaço público de encontro entre as diferentes referências, submetido a uma lógica de desenvolvimento sustentável, uniforme e vital da/e em sociedade.

O novo modelo de energia a adotar deve sedimentar-se numa energia sustentável do ponto de vista ambiental com reduzido risco de acidentes (Ordóñez, Jadraque, Alegre, & Martinez, 2010), e de ilimitadas fontes, para assegurar a sua disponibilidade a longo-prazo (Arnulf, 2007).

### 3 MÉTODO

O estudo exploratório com abordagem quantitativa em que se configura a presente investigação originada do interesse sobre a sustentabilidade da energia solar fotovoltaica na PSP é consubstanciada em três vetores de análise. A saber: i) a revisão da literatura que nos conduz ao estado de arte; ii) a viabilidade económico-financeira da sua aplicação com a utilização dos indicadores *Payback* e *Return on Investment* (ROI) e Valor Atualizado Líquido (VAL) e Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) e, iii) agrupamento das esquadras do COMETLIS, consoante o tipo de sistemas utilizado. O estudo decorreu no período de 2014.

#### 3.1 Participantes

Os participantes do estudo constituíram-se numa amostra para estudo aplicado ao COMETLIS, formada por 73 esquadras, das quais 33 são integradas e 40 são destacadas, diferenciadas essencialmente pelo concelho e comarca judicial a que pertencem.

Para a análise da viabilidade económica, foram escolhidas aleatoriamente 2 esquadras de cada natureza, para avaliar a sustentabilidade da aplicação da tecnologia fotovoltaica às mesmas, sendo estas: i) Integradas: 12.<sup>a</sup> Esquadra, Olaias e, ii) 14.<sup>a</sup> Esquadra, Chelas e, Destacadas: 69.<sup>a</sup> Esquadra, Mem Martins e 70.<sup>a</sup> Esquadra, Loures.

#### 3.2 Instrumentos

Para o desenvolvimento do primeiro ponto, a avaliação da viabilidade económico-financeira tem os seguintes axiomas que se convertem em cláusulas de análise e de intervenção, para que o efeito económico seja mensurável. Estes axiomas são: i) o dimensionamento de sistemas solares

fotovoltaicos<sup>7</sup>, através do *software Kostal* específico que contempla previsões meteorológicas, localização do aparelho e dimensão das esquadras, ii) orçamentos de duas empresas que responderam ao repto lançado com este estudo e iii) a perspetiva económico-financeira, com a avaliação do *Payback*, *ROI*, *VAL* e *TIR*.

Estes axiomas regentes assumem-se como um desafio para a PSP, melhor para os dirigentes da PSP que devem assumir o papel de revelo no equilíbrio ambiental e na responsabilidade também social neste âmbito, correspondendo a uma necessidade do mundo e sociedade contemporânea.

Este desiderato impõe a seguinte constituição e os elementos que servirão de apoio à apresentação de resultados:

1. Foram atribuídos: 27 módulos para a 12.<sup>a</sup> Esquadra de Olaias; 27 módulos para a 14.<sup>a</sup> Esquadra de Olaias; 27 módulos para 69.<sup>a</sup> Esquadra de Mem Martins; 18 módulos para a 70.<sup>a</sup> Esquadra de Loures.
2. Para o cálculo da energia produzida foi considerada a taxa de degradação anual da potência de saída dos módulos em 1 %, conforme a garantia de produção de 25 anos apresentada pelo fabricante. Com base na tarifa de compra para 2014 de 0,142€/KWh, e considerando uma inflação anual da tarifa de compra em 3%, sendo esta a inflação verificada nos últimos anos, foi possível determinar o período de retorno expectável para cada situação e a produção prevista para o período de vida do sistema anteriormente referido, de 25 anos.

O segundo ponto contempla o estudo da influência da variável tipo de esquadra no dimensionamento do sistema, bem como a sua classificação, considera 16 variáveis (2<sup>4</sup>) para a fundamentação dos grupos. As variáveis em estudo são: tipo de esquadra, consumo anual de eletricidade em euros, localização dos contadores, tipo de cobertura da esquadra, quantidade de efetivo, potência contratada, custo do investimento, número de painéis possíveis de aplicar, área ocupada pelos painéis, tempo de retorno do investimento, valor do proveito no ano do retorno, retorno em euros em 25 anos, produção média mensal em KWh, produção média anual em KWh, inversor escolhido e estimativa de redução da despesa anual.

A análise destas variáveis foi concretizada com o recurso à análise de *clusters* com a função de agrupar as esquadras, relacionando as diferenças e semelhanças, sem qualquer dependência entre variáveis. Para a utilização deste método selecionou-se os indivíduos e amostra de indivíduos, definiu-se um conjunto de variáveis, e uma medida de semelhança, escolheu-se um dos critérios de agregação e validou-se os resultados obtidos (Pestana & Gajeiro, 2014; Reis, 2001).

Para o agrupamento foi utilizado o método hierárquico, por forma a agregar os indivíduos em grupos e subgrupos conforme as distâncias entre os mesmos a considerar, empregando o critério do vizinho mais próximo, que utiliza a maior proximidade entre dois casos, um de cada grupo, para definir a maior semelhança entre os grupos (Manning, Raghavan, & Schütze, 2008). Como definição de unidade de medida, foi utilizada a medida do Quadrado da Distância *Euclideana*, ou seja, a distância é “definida como o somatório dos quadrados das diferenças entre os valores” (Reis, 2001, p. 302) dos casos.

Pela necessidade de validação dos resultados obtidos pelo método hierárquico, foi empregado o método *K-means* (Patrício & Pereira, 2013). Esta técnica parte de um número de agrupamentos pré-definido, analisando as variáveis de cada indivíduo e calculando o seu ponto central, agregando os mesmos na quantidade de grupos pré-definida através da menor distância entre os centros de cada indivíduo (Pestana & Gajeiro, 2014, Reis, 2001). Com o objetivo de estabelecer o coeficiente

---

<sup>7</sup> O processo de dimensionamento contempla uma miríade de princípios para gerir as opções e decisões: i) conhecimento das plantas do local de instalação, ii) dimensão da cobertura, iii) quantidade de painéis necessários, iv) avaliação dos consumos anuais, iv) potência contratualizada para a determinação do inversor a aplicar; v) localização dos contadores de eletricidade para avaliar a cablagem mínima e o local de instalação do contador de compra e de venda; vi) sombreamento sobre o sistema fotovoltaico (temporário, consequência da localização – resultado da projeção da envolvente do edifício –, produzido pelo edifício) (Santos, 2011).

de determinação para verificar o número de *clusters* a utilizar, foi aplicado método *One-Way ANOVA*.

A análise é realizada com a utilização do *Statistical Package for Social Sciences* (v 24- SPSS), bem como do Excel (Microsoft Office 2017).

## 4 RESULTADOS

É a dimensão da responsabilidade social e corporativa da organização PSP, sem olvidar os elementos económicos adjacentes, que nos guiou a apresentação da análise económico-financeira e grupal do objeto em estudo.

### 4.1 Viabilidade económico-financeira

Para a análise da sustentabilidade da aplicação dos sistemas podemos utilizar diversos indicadores como o *Payback*, que representa o período temporal necessário para que determinado investimento seja reavido, e o retorno sobre o investimento (ROI), que representa o rácio entre os lucros e custos de determinado investimento. Este último pode ser definido pela expressão:  $(\text{Receita} - \text{Custo do investimento}) / \text{Custo dos bens vendidos}$ .

Tabela 1

*Análise dos orçamentos*

	Custo	<i>Payback</i>	Retorno aos 25 anos	ROI
12. <sup>a</sup> Esquadra	13.860,00 €	9	36.433,20 €	262,87 %
14. <sup>a</sup> Esquadra	13.949,00 €	8	38.609,66 €	276,79 %
69. <sup>a</sup> Esquadra	13.890,00 €	9	37.309,38 €	268,61 %
70. <sup>a</sup> Esquadra	11.475,00 €	11,5	19.063,39 €	166,12 %

Como é possível verificar, o custo da aplicação dos sistemas referidos varia entre os 11.475 e os 13.949 euros, sendo o *payback* de oito a onze anos e meio. Ou seja, é exetável que, após o período correspondente ao *payback*, o valor de venda de toda a energia produzida até ao momento seja igual ou superior ao valor do custo (investimento). Uma vez que a expectativa de vida do sistema é de 25 anos, o restante período permite um retorno sobre o investimento de 166 % a 276,79 %. Portanto, no exemplo da 70.<sup>a</sup> esquadra, durante o período de funcionamento do sistema é previsto que o mesmo gere receita para cobrir o investimento e mais 66 % desse investimento. Isto significa que irá resultar numa produção de 30.538,39 euros.

No Gráfico 1 temos representado o valor total de produção pela totalidade das colunas e a relação entre o custo e o ROI pelas respetivas partes. É possível verificar que embora a 70.<sup>a</sup> Esquadra, Loures, apresente valores inferiores às restantes, em todos os casos, o investimento revela ser sustentável, pois o total de produção, não só corresponde ao valor de custo, como permite um retorno considerável.

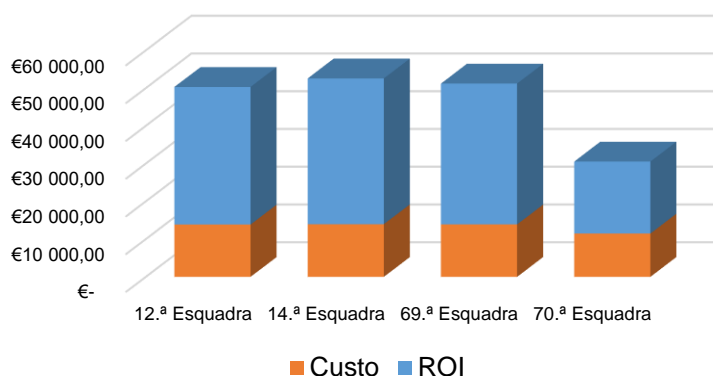
A aplicação destes sistemas é sustentável e poderá resultar numa redução de cerca de 38 % na média do total de consumo anual de energia elétrica, que se traduz numa redução média anual de 2.993,47 euros.

Como qualquer investimento, só existe *cash-flows* no futuro, logo, tendo em vista a depreciação do dinheiro no retorno sobre o investimento é necessário calcular o Valor Atual Líquido (VAL) e a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), servindo esta última para prever a taxa que o investidor obtém, em média, ao ano, sobre o capital investido.



Gráfico 1

Custo versus Retorno sobre o Investimento



Para o cálculo destes indicadores foi utilizada a taxa de rendibilidade exigida pelos investidores na emissão de Obrigações do Tesouro (obtida através do Instituto de Gestão de Crédito Público), uma vez que esta espelha o risco e a rendibilidade exigida ao Estado português. Para abril de 2014 foi definida a taxa de 5,65 %.

Tabela 2

Análise dos indicadores VAL e TIR

	Olaias	Chelas	Mem-Martins	Loures
<b>VAL</b>	11.317,78 €	12.362,92 €	11.741,43 €	3.813,14 €
<b>TIR</b>	12,33%	12,84%	12,54%	8,60%

Pela análise da Tabela 2, onde se encontram critérios de avaliação de investimentos é possível verificar que o VAL é superior a zero, logo o investimento pode ser considerado viável, pois permite um retorno sobre o investimento de 3.813,14 € a 12.362,92 €, findo o seu período de vida útil.

A análise do TIR deverá ter por comparação a taxa de rendibilidade exigida pelos investidores nas emissões de Obrigações de Tesouro de 5,65 %<sup>8</sup>, verificando que esta é inferior aos resultados obtidos. Logo, também se verifica a viabilidade do investimento, uma vez que a taxa de retorno do investimento (de 8,60 % a 12,84 % ao ano) é superior à taxa representativa do risco e rendibilidade exigida. Em média o retorno do investimento é efetuado em 12 anos e 9 meses (vide Apêndice I)<sup>9</sup>.

## 4.2 Análise de Clusters

Através da standardização das variáveis (tipo de esquadra, consumo anual de eletricidade em euros, localização dos contadores, tipo de cobertura da esquadra, quantidade de efetivo, potência contratada, custo do investimento, número de painéis possíveis de aplicar, área ocupada pelos painéis, tempo de retorno do investimento, valor do proveito no ano do retorno, retorno em euros em 25 anos, produção média mensal em KWh, produção média anual em KWh, inversor escolhido e estimativa de redução da despesa anual), apresentada no Gráfico 2, é possível verificar se determinado caso é igual à média (caso seja igual a zero), se está acima da média (caso seja superior a zero) ou se está abaixo da média (caso seja inferior a zero). Para além da posição

<sup>8</sup> Valor obtido do Instituto de Gestão de Crédito Público à data de abril de 2014, relativa à rendibilidade exigida dos investimentos públicos.

<sup>9</sup> Com vista à atualização dos fluxos de caixa, foi utilizada a seguinte fórmula:  $\frac{\text{Produção do ano}}{(1-\text{Taxa})^{\text{ano}}}$

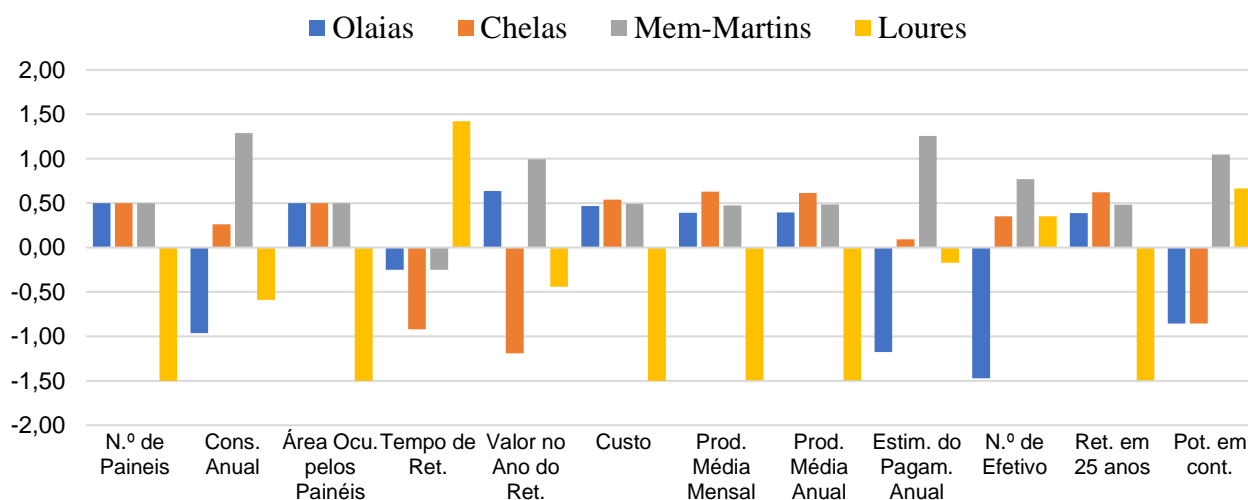
relativamente à média, é possível verificar a distância à média, tendo como unidade de medida o desvio padrão.

As esquadras integradas de Olaias e Chelas têm oito das doze variáveis com tendência semelhante, com um número de painéis e área ocupada pelos mesmos a 0,5 de desvio padrão acima da média, tempo de retorno a 0,25 e 0,92 abaixo da média, custo a 0,47 e 0,54 desvio padrão acima da média, potência contratualizada a 0,86 abaixo da média e tanto a produção média mensal como anual também se encontram acima da média.

A mesma tendência não se verifica no que concerne às esquadras destacadas. As esquadras destacadas de Mem-Martins e Loures apenas encontram valores com a mesma tendência no número de efetivo com 0,77 e 0,35 desvio padrão acima da média e a potência contratualizada a 1,05 e 0,67 acima da média.

Gráfico 2

Valores estandardizados das variáveis



A partir da análise, tendo em conta a sua diversidade de resultados perante a média e a influência que poderão ter perante a variável tipo de esquadra, realçada e utilizada como *Label Case* por ser objeto do estudo, foi possível destacar os seguintes indicadores: consumo anual, estimativa de pagamento anual e tempo de retorno.

Tabela 3

Caraterização das variáveis

	n	%	Média	Desvio Padrão
Consumo Anual (€)	4		4.847,7375	1.391,5474
Estimativa do pagamento anual (€)	4		2.993,4725	1.272,45465
Tempo de Retorno (anos)	4		9,375	1,4930
Tipo de Esquadra	Integrada	2	50 %	
	Destacada	2	50 %	

Em consonância com a Tabela 3, destacamos: tipo de esquadra; consumo anual com média de aproximadamente 4.848 euros e desvio padrão de 1.392 euros; tempo de retorno do investimento, também designado por *payback*, com média de aproximadamente nove anos e desvio padrão de um ano e meio; valor estimado para o pagamento anual após a aplicação do sistema com média de aproximadamente 2.993 euros e desvio padrão de 1.272 euros.

Na tabela do apêndice III apresentam-se apenas as variáveis quantitativas distintas por tipo de esquadra, permitindo verificar que, das esquadras estudadas, as integradas têm os valores de desvio padrão inferiores às destacadas, revelando que apresentam valores mais próximos da média

do que as destacadas. Exemplos deste facto são: o consumo anual, a área ocupada pelos painéis, o custo, número de painéis, produção média anual e mensal, a estimativa de redução do pagamento anual, o retorno em 25 anos e o tempo de retorno.

A partir do método hierárquico com utilização do critério do Vizinho Mais Próximo com a medida do Quadrado da Distância Euclideana, foi possível distinguir as variáveis por diversos *clusters*. Os *clusters* obtidos são constituídos da seguinte forma: 1) dois *clusters*: em que um é composto pela 70.<sup>a</sup> Esquadra, Loures, e o outro pelas restantes; 2) três *clusters*: em que a 70.<sup>a</sup> Esquadra, Loures, compõe o primeiro, a 12.<sup>a</sup> Esquadra, Olaias, constitui o segundo e o terceiro é formado pelas restantes; e 3) quatro *clusters*: em que cada esquadra corresponde a um agrupamento.

Tabela 4

*Cluster final*

	Cluster		
	1	2	3
Consumo Anual em Euro	-0,58816	-0,96227	0,77522
Tempo de Retorno	1,42327	-0,25117	-0,58605
Estimativa do pagamento anual após redução	-0,17227	-1,17608	0,67418

Da Tabela 4 conclui-se que o terceiro agrupamento possui valores superiores aos restantes no que diz respeito ao consumo anual e à estimativa de pagamento anual após a redução, sendo o tempo de retorno inferior por cerca de 0,59 desvio padrão abaixo da média.

A análise de variância (ANOVA), apresentada no apêndice II, permite obter a escolha do número de *clusters* mais apropriada à realidade, através do cálculo dos coeficientes de determinação, R<sup>2</sup> (Pestana & Gageiro, 2014).

O coeficiente de determinação permite verificar que a percentagem de variação das variáveis para dois *clusters* é de aproximadamente 8,97 % e para três *clusters* de aproximadamente 80,15 %, logo optaremos pela utilização de três *clusters* por se adequar melhor à realidade existente. Ou seja, a distinção entre três agrupamentos permite que 80 % da variação entre variáveis possa ser explicada pelas restantes variáveis do próprio grupo<sup>10</sup>.

Tabela 5

*Análise da ANOVA*

	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
Consumo Anual em Euros	4654827,825	1	577192,550	2	8,065	0,105
Tempo de Retorno	3,063	1	1,813	2	1,690	0,323
Estimativa da redução do pagamento anual	2943677,961	1	956872,293	2	3,076	0,222

A partir da análise *One-Way ANOVA* sobre três *clusters* é ainda possível apurar que o nível de significância é inferior a 5%, ou seja, as diferenças entre médias não são significativas, pelo que é possível acreditar no resultado obtido<sup>11</sup>.

Em qualquer uma das variáveis, Consumo Anual em Euro ( $F_{(2)} = 8,065$ ,  $p\text{-value} = 0,105 > 0,05$ ), Tempo de retorno ( $F_{(2)} = 1,690$ ,  $p\text{-value} = 0,323 > 0,05$ ) e redução do pagamento anual ( $F_{(2)} = 3,076$ ,  $p\text{-value} = 0,222 > 0,05$ ) as variâncias são homogêneas.

Pela obrigatoriedade de “aplicar procedimentos de validação do processo de agregação realizado” (Patrício & Pereira, 2013, p. 202), e não sendo viável a remoção de variáveis por o número ser

<sup>10</sup> Análise da one-way ANOVA dois *clusters* R<sup>2</sup> = 0,0897 e três *clusters* R<sup>2</sup> = 0,8015 (vide Apêndice IV).

<sup>11</sup> O teste de F é calculado através da divisão da média quadrada (MS) *between groups* com a MS *within groups*. Este valor é sempre positivo e representa a diferença entre os grupos em função da variação dentro de cada grupo.

reduzido, foi efetuada a mesma análise com um método de agregação diferente, ou seja não hierárquico. O método *K-means* permite validar o resultado do método hierárquico utilizando o número de *clusters* pretendido, sendo neste caso três, como analisado através do *One-Way ANOVA*.

## 5 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O potencial da energia solar e as suas vantagens tem sido abordado por diferentes autores (Cellura, Gangi, Longo, & Orioli, 2012, Hachem, Athienitis, & Fazio, 2011, Ordóñez et al., 2010, Šúri, Huld, Dunlop, Ossenbrink, 2007) que avaliaram a sua efetividade dos sistemas fotovoltaicos em diferentes países do continente europeu (França, Alemanha, Itália e Espanha – Campocchia, Dusonchet, Telaretti, & Zicco, 2009; Europa ocidental e oriental – Dusonchet & Telaretti, 2010a, 2010b), apresentando em comum as externalidades positivas e os ganhos de eficiência energética, ambiental, de sustentabilidade apresentado por estes sistemas (Cellura et al., 2012).

No compasso energético que se afigura na nossa sociedade, para o estudo da sustentabilidade decorrente dos pressupostos definidos *ab initio* foi considerada a taxa de degradação anual da potência de saída dos módulos em 1% e uma inflação anual da tarifa de compra em 3%.

Nesta análise foi possível constatar que a média do custo da instalação dos sistemas é de 13.293,50 euros, obtendo o seu retorno em aproximadamente nove anos e quatro meses. Uma vez que a expectativa de vida do sistema é de 25 anos, é possível, em média, um retorno sobre o investimento de 32.853,91 euros.

Com os indicadores VAL e TIR é possível atualizar os fluxos de caixa do investimento e concluir que o investimento é viável obtendo o retorno em aproximadamente 12 anos e nove meses.

Através da média do total de consumo anual foi ainda possível apurar que o investimento poderá se traduzir-se numa redução média anual de 38%.

Os resultados obtidos estão em consonância com a literatura que referem a potencialidade das energias renováveis numa sociedade em constante e sequiosa demanda de energia (Akella et al., 2009) especificamente da energia solar fotovoltaica enquanto instrumento potenciador de benefícios inerentes a uma energia silenciosa, abundante e inesgotável e de custos de manutenção baixos (Bhandari, Collier, Ellingson, & Apul, 2014, Timilsina, Kurdgelashvili, & Narbel, 2012).

O agrupamento das esquadras pelo método hierárquico, utilizando o critério do vizinho mais próximo, originou três grupos diferentes, que foram validados com a utilização do método *K-means* que permite o seu agrupamento, pela quantidade de grupos desejada (três), através da avaliação do ponto central das suas variáveis. O cálculo da ANOVA permitiu estimar o coeficiente de determinação, do qual decorre o agrupamento mais eficiente das esquadras, com o auxílio da análise hierárquica, em três *clusters*: o primeiro é composto pela 70.<sup>a</sup> Esquadra, Loures; a 12.<sup>a</sup> Esquadra, Olaias, constitui o segundo; e o terceiro é formado pelas remanescentes. Tendo em conta que a amostra é aleatória, os resultados, de acordo com as características das esquadras são passíveis de serem disseminados para o conjunto das esquadras do COMETLIS.

Por fim, foi possível concluir que, embora o tipo de esquadra não apresente variâncias significativas para o estudo, as esquadras integradas analisadas apresentam valores mais consensuais, revelados pelos valores de média e desvio padrão.

## 6 CONCLUSÃO

A energia solar fotovoltaica, apresenta-se como uma alternativa fiável à utilização de fontes de energia não renováveis para a produção de energia elétrica.

Embora os benefícios fiscais previstos até 2012 tenham sido afastados e as tarifas de regime bonificado reduzidas, a opção ainda continua a ser sustentável, podendo ser considerada como um investimento pelos valores de ROI verificados. Contudo, esta aplicação não deverá considerar

apenas nos seus indicadores económicos, mas deverá também procurar os benefícios ambientais e sociais, no presente e futuro.

Garante, ainda, que parte da energia consumida é de origem renovável prevenindo o impacto negativo associado à produção de energia por fontes de energia não renováveis.

Na análise das variáveis, das características e o posicionamento dos edifícios, das esquadras analisadas, a 70.<sup>a</sup> Esquadra, Loures, é a que apresenta valores mais distintos da média. Este facto poderá suceder por se tratar de um edifício com cobertura inclinada, dividida em diferentes orientações. Logo, não foi possível dimensionar um sistema com mais módulos. Outro facto que poderá relacionar-se pela envolvente do edifício ser constituída por edifícios ligeiramente mais altos, causando áreas de sombra que poderão diminuir a capacidade de produção.

A instalação de sistemas em regime autónomo é indicada apenas para edifícios isolados onde não existe rede de abastecimento elétrica, pois o seu período de *payback* é muito superior podendo não chegar a haver retorno de investimento. O elevado período de *payback* destes sistemas advém da necessidade de utilização de baterias de custo considerável, sendo necessária a substituição das mesmas ao fim de dez anos.

Com o desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica é expectável a melhoria da eficiência dos seus equipamentos e redução dos seus custos, permitindo retirar maiores benefícios da sua utilização. No entanto, não bastará a aplicação dos mecanismos tecnológicos necessários para reduzir/controlar o consumo de energia, terá de haver uma maior consciencialização e preparação dos meios humanos para a necessidade de tirar o melhor partido desta nova fonte de energia.

A PSP, como instituição exemplar do Ministério da Administração Interna, ao serviço da comunidade, deve acompanhar as necessidades da mesma demonstrando preocupação com as questões ambientais e económicas. Como tal, são feitas as seguintes recomendações: i) Procurar a eficiência energética através de uma utilização racional de energia elétrica; ii) Instalação de sistemas de produção de energia com base nas FER, embora a amostra de quatro esquadras não permita a generalização de resultados; e iii) Procurar a melhor relação entre os sistemas existentes, conforme as necessidades existentes, por forma a reduzir custos e emissão de substâncias nocivas para o ambiente.

As limitações do presente estudo consubstanciam-se a diferentes níveis. A saber: i) ao nível amostral, de carácter infraestrutural (plantas dos edifícios, pela dependência para com entidades externas, por exemplo Câmaras Municipais); ii) a amostra respeita apenas ao COMETLIS; iii) para a média do consumo anual foram utilizados os consumos anuais dos últimos quatro anos, ou seja de 2010 a 2013, não sendo utilizado um período superior por a 70.<sup>a</sup> Esquadra, Loures, apenas possuir registo a partir de 2010; iv) e, por a utilização do sistema de autoconsumo à data em que o estudo foi elaborado, ainda não estar devidamente regulado, não foi equacionada a sua utilização, optando-se por utilizar sistemas de ligação à rede.

Para uma intervenção investigativa nesta área os caminhos infra descritos destacam-se como essenciais em posteriores abordagens no que concerne à: i) análise da sustentabilidade de aplicação de painéis solares fotovoltaicos utilizando sistemas de autoconsumo; ii) análise quantitativa dos efeitos ambientais e sociais da aplicação destes sistemas; iii) análise da sustentabilidade de aplicação da conjugação de sistemas que utilizem FER diferentes; e, iv) generalização de resultados, através da inclusão de esquadras dos diferentes comandos a nível nacional.

## 7 REFERÊNCIAS

- Akella, A. K., Saini, R. P., Sharma, M. P. (2009). Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems. *Renewable Energy*, 34(2), 390-396. doi: [10.1016/j.renene.2008.05.002](https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.05.002)
- Arnulf, J-W. (2007). Photovoltaics and renewable energies in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), 1414–1437. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.11.001>

- Badescu, V. (2008). *Modeling solar radiation at the Earth's surface*. Romania: Springer Science & Business Media.
- Bahaj, A. S. (2002). *Means of enhancing and promoting the use of solar energy*. *Renewable Energy*, 27(1), 97-105. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(01\)00162-8](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(01)00162-8)
- Bhandari, K. P., Collier, M., Ellingson, R. J., Apul, D. S. (2015). Energy payback time (EPBT) and energy return on energy invested (EROI) of solar photovoltaic systems: A systematic review and meta-analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 133-141. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.057>
- Calaia, F. J. (2011). *Estudo comparativo de três tecnologias fotovoltaicas*. (Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico). Acedido em <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/.../Tese de mestrado - Fábio Calaia>
- Campoccia, A., Dusonchet, L., Telaretti, E., & Zizzo, G. (2009). Comparative analysis of different supporting measures for the production of electrical energy by solar PV and wind systems: four representative European cases. *Solar Energy*, 83(3), 287–297. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.08.001>
- Casalinho, J. (2008). *Rendimento de painéis solar térmicos poliméricos unglazed e glazed*. (Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro). Acedido em <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/2606/1/2009000533.pdf>
- Castro, R. (2011). *Uma introdução às energias renováveis: Eólica, fotovoltaica e mini-Hídrica*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Cellura, M., Gangi, A. Di, Longo, S., & Orioli, A. (2012). Photovoltaic electricity scenario analysis in urban contexts: An Italian case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 2014-2052. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.032>
- Cruz, J., & Sarmiento, A. (2005). *Energia das ondas*. Alfragide: Instituto do Ambiente.
- DGEG. (2014). *Direcção Geral de Energia e Geologia*. Consultado em 6 de janeiro de 2014. Disponível em <http://www.dgeg.pt/>
- Dincer, F. (2011). The analysis on photovoltaic electricity generations status, potential and policies of the leading countries in solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 15(1), 713-720. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.026>.
- Dincer, I. (2000). Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4(2), 157-175. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(99\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(99)00011-8)
- Dusonchet, L., & Telaretti E. (2010b). Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovoltaics in eastern European Union countries. *Energy Policy*, 38(8), 4011–4020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.025>
- Dusonchet, L., & Telaretti, E. (2010a). Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovoltaics in western European Union countries. *Energy Policy*, 38(8), 3297–3308. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.053>
- EDP. (2013). *O novo paradigma energético*. Consultado em 8 de dezembro de 2013. Disponível em [http://www2.unesa.es/informes\\_actualidad/elecpor/IVelecpor/4\\_PedroNevesFerreira.pdf](http://www2.unesa.es/informes_actualidad/elecpor/IVelecpor/4_PedroNevesFerreira.pdf)
- Estanqueiro, A. (2005). *Aproveitamento do potencial eólico sustentável em Portugal*. Lisboa: Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial.
- Eurostat. (2014). *European Commission – eurostat*. Consultado em 12 de janeiro de 2014. Disponível em <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/>

- Guo, S. (2012). *A Hybrid Photovoltaic – Thermal Energy Solar System*. (Master Thesis, Lehigh University).  
Acedido em [reserve.lehigh.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2083&context](http://reserve.lehigh.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2083&context)
- Hachem, C., Athienitis, A., & Fazio, P. (2011). Investigation of solar potential of housing units in different neighborhood designs. *Energy and Buildings*, 43(9), 2262–2273. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.05.008>
- Harrington, J. D. (2014). NASA. Consultado em 9 de fevereiro de 2014. Disponível em [http://www.nasa.gov/home/hqnews/2012/jun/HQ12-193\\_Fermi\\_Solar\\_Flare.html](http://www.nasa.gov/home/hqnews/2012/jun/HQ12-193_Fermi_Solar_Flare.html)
- Ho, D. T., Frunt, J., & Myrzik, J. M. (2009). *Photovoltaic Energy in Power Market. IEEE energy market 6th international conference on the European* (pp. 27-29). Leuven: Bélgica.
- Koo, C., Hong, T., Park, H. S., & Yun, G. (2014). Framework for the analysis for potential of the rooftop photovoltaic systems to achieve the net-zero energy solar buildings. *Progress in Photovoltaics*, 22(4), 462-478. doi: <https://doi.org/10.1002/pi.p.2448>.
- Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to information retrieval*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ordóñez, J., Jadraque, E., Alegre, J., & Martínez, G. (2010). Analysis of the photovoltaic solar energy capacity of residential rooftops in Andalusia (Spain). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 2122-2130. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.01.001>
- Patrício, T., & Pereira, A. (2013). *SPSS – Guia prático de utilização: Análise de dados para as Ciências Sociais e Psicologia* (8.ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo.
- Pestana, M. H., & Gageiro, J. N. (2014). *Análise de dados para Ciências Sociais: A complementaridade do SPSS* (6ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo.
- Pimenta, C. (2013). Energia, economia e sustentabilidade. *Cadernos de Economia*, 103, 12-20.
- Proença, E. D. (2007). A energia solar fotovoltaica em Portugal. (Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico) Acedido em <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137487931/Tese - A Energia Solar Fotovoltaica em Portugal.pdf>.
- Reis, E. (2001). *Estatística Multivariada Aplicada* (2.ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo.
- Santos, F. F. (2011). *Utilização de energia fotovoltaica para a eficiência energética de uma moradia* (Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto). Acedido em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59232/1/000146246.pdf>
- Singh, B. R., & Singh, O. (2012). Global trends of fossil fuel reserves and climate change in the 21<sup>st</sup> Century. Em S. K. (Ed.), *Fossil Fuel and the Environment* (pp. 167-192). Croatia: Intech Open Access Publisher.
- Stewart, G. B., Pullin, A. S., & Coles, C. F. (2007). Poor evidence-base for assessment of windfarm impacts on birds. *Environmental Conservation*, 34(1), 1-11. doi: <https://doi.org/10.1017/S0376892907003554>
- Šúri, M., Huld, T. A., Dunlop, E. D., & Ossenbrink, H. A. (2007). Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. *Solar Energy*, 81(10), 1295–1305. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.12.007>
- Timilsina, G. R., Kurdgelashvili, L., & Narbel, P. A. (2012). Solar energy: Markets, economics and policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 449-465. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.009>



- Varun, Prakash, R., & Bhat, I. K. (2009). Energy, economics and environmental impacts of renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2716-2721. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.05.007>
- Weißbach, D., Ruprecht G., Huke, A., Czerski, K., Gottlieb S., & Hussein, A. (2013). Energy intensities, EROIs (energy returned on invested), and energy payback times of electricity generating power plants. *Energy*, 52(1), 210-221. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.01.029>



Apêndice I - Resultado dos acumulados com atualização de 5,65%.

Ano/Esquadra	12. <sup>a</sup> Esquadra - Olaias	14. <sup>a</sup> Esquadra - Chelas	69. <sup>a</sup> Esquadra - Mem Martins	70. <sup>a</sup> Esquadra - Loures
1	- 12 368,09 €	- 12 389,89 €	- 12 371,21 €	- 10 569,10 €
2	- 10 928,15 €	- 10 885,09 €	- 10 905,33 €	- 9 694,76 €
3	- 9 538,37 €	- 9 432,70 €	- 9 490,50 €	- 8 850,88 €
4	- 8 197,00 €	- 8 030,90 €	- 8 124,96 €	- 8 036,38 €
5	- 6 902,34 €	- 6 677,92 €	- 6 806,98 €	- 7 250,25 €
6	- 5 652,79 €	- 5 372,08 €	- 5 534,91 €	- 6 491,51 €
7	- 4 446,75 €	- 4 111,72 €	- 4 307,15 €	- 5 759,20 €
8	- 3 282,73 €	- 2 895,27 €	- 3 122,15 €	- 5 052,40 €
9	- 2 159,25 €	- 1 721,18 €	- 1 978,42 €	- 4 370,21 €
10	- 1 074,91 €	- 587,99 €	- 874,54 €	- 3 711,78 €
11	- 28,33 €	505,73 €	190,90 €	- 3 076,29 €
12	981,80 €	1 561,35 €	1 219,22 €	- 2 462,94 €
13	1 956,73 €	2 580,21 €	2 211,72 €	- 1 870,95 €
14	2 897,71 €	3 563,58 €	3 169,65 €	- 1 299,59 €
15	3 805,92 €	4 512,69 €	4 094,22 €	- 748,12 €
16	4 682,49 €	5 428,74 €	4 986,58 €	- 215,86 €
17	5 528,52 €	6 312,88 €	5 847,86 €	297,86 €
18	6 345,09 €	7 166,23 €	6 679,14 €	793,69 €
19	7 133,21 €	7 989,85 €	7 481,46 €	1 272,24 €
20	7 893,88 €	8 784,79 €	8 255,84 €	1 734,13 €
21	8 628,06 €	9 552,03 €	9 003,24 €	2 179,92 €
22	9 336,66 €	10 292,55 €	9 724,61 €	2 610,19 €
23	10 020,58 €	11 007,28 €	10 420,86 €	3 025,47 €
24	10 680,68 €	11 697,11 €	11 092,85 €	3 426,29 €
25	11 317,78 €	12 362,92 €	11 741,44 €	3 813,14 €

Apêndice II – Análise das variáveis utilizadas para a análise de clusters

		n	%	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Área Ocupada pelos Painéis (m <sup>2</sup> )		4		35,1450	6,39000	38,34	25,56
Consumo Anual (€)		4		4847,7375	1391,54745	6640,24	3508,69
Custo (€)		4		13293,5000	1212,89695	13949,00	11475,00
Estimativa do pagamento anual (€)		4		2993,4725	1272,45465	4592,27	1496,96
Inversor	Kostal	3	75 %				
	SMA	1	25 %				
Local dos contadores	Interior	3	75 %				
	Exterior	1	25 %				
Número de Efetivo		4		50,50	7,141	56	40
Número de Painéis		4		24,75	4,500	27	18
Potência contratada (kVA)		4		28,4625	9,07335	37,95	20,70
Produção Média Anual (kWh)		4		9051,5600	2049,23292	10309,09	5989,94
Produção Média Mensal (kWh)		4		847,7750	191,29611	967,80	562,20
Retorno em 25 anos (€)		4		32853,9075	9237,05634	38609,66	19063,39
Tempo de Retorno (anos)		4		9,375	1,4930	11,5	8,0
Tipo de Cobertura	Plana	3	75 %				
	Inclinada	1	25 %				
Tipo de Esquadra	Integrada	2	50 %				
	Destacada	2	50 %				
Valor no ano do Retorno (€)		4		1052,8650	695,89138	1743,27	224,89

Apêndice III – Análise das variáveis utilizadas para a análise de clusters por tipo de esquadra.

Tipo de Esq.		Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Integrada	Área Ocupada pelos Painéis (m <sup>2</sup> )	38,3400	0,00000	38,34	38,34
	Consumo Anual (€)	4360,7150	1204,94531	3508,69	5212,74
	Custo (€)	13904,5000	62,93250	13860,00	13949,00
	N.º de Efetivo	46,50	9,192	40	53
	Número de Painéis	27,00	0,000	27	27
	Potência contratada (kVA)	20,7000	0,00000	20,70	20,70
	Produção Média Anual (kWh)	10086,9100	314,20997	9864,73	10309,09
	Produção Média Mensal (kWh)	945,3000	31,81981	922,80	967,80
	Estimativa do pagamento anual (€)	2303,6750	1140,86729	1496,96	3110,39
	Retorno em 25 anos (€)	37521,4300	1538,98962	36433,20	38609,66
	Tempo de Retorno (anos)	8,500	0,7071	8,0	9,0
	Valor no ano do Retorno (€)	860,7300	899,21355	224,89	1496,57
	Destacada	Área Ocupada pelos Painéis (m <sup>2</sup> )	31,9500	9,03682	25,56
Consumo Anual (€)		5334,7600	1846,22752	4029,28	6640,24
Custo (€)		12682,5000	1707,66288	11475,00	13890,00
N.º de Efetivo		54,50	2,121	53	56
Número de Painéis		22,50	6,364	18	27
Potência contratada (kVA)		36,2250	2,43952	34,50	37,95
Produção Média Anual (kWh)		8016,2100	2865,57852	5989,94	10042,48
Produção Média Mensal (kWh)		750,2500	265,94286	562,20	938,30
Estimativa do pagamento anual (€)		3683,2700	1285,52013	2774,27	4592,27
Retorno em 25 anos (€)		28186,3850	12901,86326	19063,39	37309,38
Tempo de Retorno (anos)		10,250	1,7678	9,0	11,5
Valor no ano do Retorno (€)		1245,0000	704,66019	746,73	1743,27

Apêndice IV – Análise da ANOVA dois clusters.

<b>DOIS CLUSTERS</b>						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Consumo Anual em Euros	Between Groups	893163,572	1	893163,572	,363	,608
	Within Groups	4916049,352	2	2458024,676		
	Total	5809212,924	3			
Tempo de Retorno	Between Groups	6,021	1	6,021	18,063	,051
	Within Groups	,667	2	,333		
	Total	6,688	3			
Estimativa do pagamento anual	Between Groups	64066,315	1	64066,315	,027	,885
	Within Groups	4793356,232	2	2396678,116		
	Total	4857422,546	3			
<b>TRÊS CLUSTERS</b>						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Consumo Anual em Euros	Between Groups	4790334,799	2	2395167,400	2,351	,419
	Within Groups	1018878,125	1	1018878,125		
	Total	5809212,924	3			
Tempo de Retorno	Between Groups	6,188	2	3,094	6,188	,273
	Within Groups	,500	1	,500		
	Total	6,688	3			
Estimativa do pagamento anual	Between Groups	3759438,379	2	1879719,190	1,712	,475
	Within Groups	1097984,167	1	1097984,167		
	Total	4857422,546	3			