

Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna



MÁRIO FILIPE FERRAZ DA SILVA SOUSA

Aspirante a Oficial de Polícia

Dissertação de Mestrado Integrado em Ciências Policiais

XXVI Curso de Formação de Oficiais de Polícia

**A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA
POLÍCIA DE SEGURANÇA PÚBLICA**

Orientador:

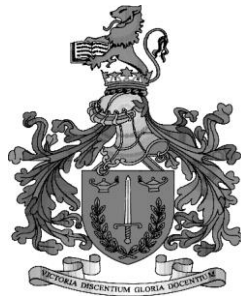
Superintendente Luís Manuel Pacheco Ribeiro Viana

Coorientadora:

Professora Doutora Sónia Maria Aniceto Morgado

Lisboa, 23 de Abril de 2014

Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna



MÁRIO FILIPE FERRAZ DA SILVA SOUSA

Aspirante a Oficial de Polícia

Dissertação de Mestrado Integrado em Ciências Policiais

XXVI Curso de Formação de Oficiais de Polícia

**A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA
POLÍCIA DE SEGURANÇA PÚBLICA**

Orientador:

Superintendente Luís Manuel Pacheco Ribeiro Viana

Coorientadora:

Professora Doutora Sónia Maria Aniceto Morgado

Lisboa, 23 de Abril de 2014



Estabelecimento de Ensino: Instituto Superior de Ciências Policiais e
Segurança Interna

Curso: XXVI CFOP

Orientador: Superintendente Luís Manuel Pacheco Ribeiro Viana
Coorientadora: Professora Doutora Sónia Maria Aniceto Morgado

Título: A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA POLÍCIA DE
SEGURANÇA PÚBLICA

Autor: Mário Filipe Ferraz da Silva Sousa

Local de Edição: Lisboa

Data de Edição: Abril de 2014

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial, aos meus pais e prima Telma por toda a dedicação, preocupação e apoio incondicional.

À Inês pela presença constante, paciência e apoio em todos os momentos.

Aos meus amigos pela compreensão e motivação.

Ao Superintendente Luís Ribeiro Viana pela orientação e apoio que não só elevaram os meus conhecimentos científicos, como policiais e organizacionais.

À Professora Doutora Sónia Morgado pela orientação e apoio constantes, possibilitando a aquisição de novos conhecimentos científicos, sem os quais o desenvolvimento deste trabalho não seria possível.

Ao Engenheiro Bruno Bernardo pela permanente disponibilidade e auxílio no dimensionamento dos sistemas e na resolução de dificuldades de cariz técnico, contribuindo para a execução deste trabalho.

A todos os docentes que contribuíram para a minha formação do Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna.

RESUMO

As energias renováveis têm sido objeto de grande evolução nas últimas décadas e consideradas como parte de uma solução, a longo termo, para um futuro mais sustentável e consciente das adversidades económicas, sociais e ambientais. Pelas condições favoráveis em Portugal para a produção de energia com base em Fontes de Energia Renováveis (FER), estas opções deverão ser exploradas e rentabilizadas. Consequentemente, o tema abordado na presente dissertação visa avaliar a sustentabilidade da utilização de sistemas solares fotovoltaicos nos edifícios da Polícia de Segurança Pública (PSP). Princípios pela elaboração de uma descrição e análise da tecnologia fotovoltaica existente, dos componentes principais que a constituem e suas aplicações, distinguindo os sistemas autónomos dos sistemas ligados à rede, e pela análise dos regimes e tarifas previstos na legislação referente à mini e microprodução. Por forma a analisar a sustentabilidade da aplicação da referida tecnologia nas infraestruturas, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico para cada esquadra do Comando Metropolitano de Lisboa (COMETLIS) verificando as suas características, consumos de energia elétrica, produção de energia expectável e custos associados. Para a análise dos resultados obtidos foi efetuado um estudo da sustentabilidade e uma análise por *clusters*.

Palavras-chave: Energias renováveis; Sistema solar fotovoltaico; Sustentabilidade; Polícia de Segurança Pública; Retorno sobre o investimento.

ABSTRACT

Renewable energies have been developed in the recent decades and presented as a long-term solution for a sustainable future and for economic, social and environmental adversities. Portugal, being a country with good conditions for energy production based on renewable energy sources, should invest heavily in this field. The topic of this dissertation is to assess the solar photovoltaic system sustainability, when installed on the buildings of Polícia de Segurança Pública (PSP). The existing photovoltaic technology, its main components and its applications are described and analyzed, explaining the difference between autonomous systems and systems connected to the network. We also observed the arrangements and charges provided in the law relating to mini and micro-production. In order to analyze the application of this technology sustainability, on the designed infrastructures, for each station of Lisbon Metropolitan Command of Police (COMETLIS), we checked their characteristics, electricity consumption, production and expected costs. For the results analysis, a sustainability study and a *cluster* analysis was performed.

Keywords: Renewable energy; Solar photovoltaic system; Sustainability; Polícia de Segurança Pública; Return on investment.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	viii
ÍNDICE DE TABELAS	ix
LISTA DE SIGLAS	x
LISTA DE SÍMBOLOS	xi
PARTE I – DESENVOLVIMENTO TEÓRICO.....	1
INTRODUÇÃO	1
Apresentação e Justificação do Tema	1
Problema de Estudo	3
O Objeto e Objetivos de Estudo	3
Metodologia	4
CAPÍTULO 1 – ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL	5
1.1. Introdução	5
1.2. Radiação solar	5
1.2.1. Translação da Terra e sua influência	6
1.2.2. Radiação Solar no Mundo e em Portugal	6
1.3. Fontes de Energia Renováveis utilizadas.....	7
1.4. Sustentabilidade	11
1.5. Síntese	13
CAPITULO 2 – SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	14
2.1. Introdução	14
2.2. Tecnologia Fotovoltaica	14
2.2.1. Tipos de Células	15
2.2.1.1 Convencional de 1ª Geração:	15
2.2.1.2. Convencional de 2ª Geração:	16
2.2.1.2.1. Células de Silício amorfo ou Película Fina	17
2.2.1.3. Convencional de 3ª Geração:	18
2.3. Sistema Fotovoltaico.....	18

2.3.1. Módulos	18
2.3.2. Bateria.....	20
2.3.3. Caixa de Junção	20
2.3.4. Inversor.....	20
2.3.5. Reguladores de Carga.....	21
2.3.6. Cablagem	21
2.4. Integração de Módulos Fotovoltaicos.....	22
2.5. Tipos de Sistema.....	24
2.5.1. Sistema autónomo	24
2.5.2. Sistema Ligado à rede	24
2.5.3. Sistema de Autoconsumo	25
2.6. Síntese.....	25
CAPÍTULO 3 – NORMATIVOS LEGAIS ASSOCIADOS.....	27
3.1. Introdução	27
3.2. Regimes de ligação à rede.....	29
3.2.1. Microprodução:	29
3.2.1.1. Regime Geral.....	30
3.2.1.2. Regime Bonificado.....	30
3.2.2. Miniprodução	30
3.2.2.1. Regime Geral.....	31
3.2.2.2. Regime Bonificado.....	31
3.3. Síntese.....	31
PARTE II – DESENVOLVIMENTO PRÁTICO	33
CAPÍTULO 4 – APLICAÇÃO NA POLÍCIA DE SEGURANÇA PÚBLICA.....	33
4.1. Introdução	33
4.2. Objeto e objetivos do caso prático	33
4.3. Metodologia	34
4.4. Dimensionamento do Sistema	35
4.5. Sustentabilidade da aplicação	38
4.6. Síntese.....	41
CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DE VARIÁVEIS.....	42
5.1. Introdução	42
5.2 Metodologia.....	42

5.2. Descrição de Variáveis	43
5.3. Análise de Variáveis	45
5.4. Validação da Análise	48
5.5. Síntese	49
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	50
6.1. Introdução	50
6.2. Confirmação dos Objetivos	50
6.3. Resposta ao Problema da Investigação	52
6.4. Conclusão Final	52
6.5. Recomendações	53
6.6. Limitações da Investigação	54
6.7. Investigações Futuras	54
BIBLIOGRAFIA	55
APÊNDICES	60
Apêndice A: Orçamento para a 12. ^a Esquadra, Olaias	60
Apêndice B: Orçamento para a 14. ^a Esquadra, Chelas	61
Apêndice C: Orçamento para a 69. ^a Esquadra, Mem-Martins	62
Apêndice D: Orçamento para a 70. ^a Esquadra, Loures	63
Apêndice E: Análise de Variáveis	64
Apêndice F: Análise das Variáveis Utilizadas para a Análise de Clusters	65
Apêndice G: Análise das Variáveis Utilizadas para a Análise de Clusters por Tipo de Esquadra	66
Apêndice H: Análise da ANOVA com Dois e Três Clusters	67
Apêndice I: Outros Critérios de Agrupamento das Variáveis	68
Apêndice J: Aplicação do Método Hierárquico com Outras Variáveis	68
Apêndice K: Caderno de Encargos	69
Apêndice L: Resultado dos Acumulados com Actualização	71
ANEXOS	72
Anexo A: Exemplo de orçamento para sistema autónomo pela empresa Solar Connect – Energia Solar, Climatização e Domótica Unipessoal, Lda.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Insolação média anual no Mundo	6
Figura 2: Radiação global anual em Portugal.....	7
Figura 3: Módulo fotovoltaico monocristalino, policristalino e silício amorfo	17
Figura 4: Relação da Energia Produzida com a Inclinação e Orientação do Pannel.....	36
Figura 5: Dendograma de análise utilizando o método hierárquico	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução das emissões de CO2 de 1990 a 2011.	8
Gráfico 2: Evolução do consumo final de energia de origem renovável de 2004 a 2011.	8
Gráfico 3: Total de Produção – Custo vs. Retorno sobre o Investimento	39
Gráfico 4: Média da Redução do Consumo vs. Média da Produção	39
Gráfico 5: Resultado da standardização das variáveis em estudo.	43

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Análise dos orçamentos para as diversas esquadras.....	38
Tabela 2: Análise dos indicadores VAL e TIR.....	40
Tabela 3: Caracterização das variáveis.....	44
Tabela 4: Agenda de agrupamento pelo critério do Vizinho Mais Próximo.....	46
Tabela 5: <i>Cluster</i> final.....	46
Tabela 6: Análise da ANOVA.....	47
Tabela 7: Identificação dos agrupamentos com o método <i>K-means</i>	48
Tabela 8: Análise do Orçamento para a 12. ^a Esquadra n. °1.....	60
Tabela 9: Análise do Orçamento para a 12. ^a Esquadra n. °2.....	60
Tabela 10: Análise do Orçamento para a 14. ^a Esquadra n. °1.....	61
Tabela 11: Análise do Orçamento para a 14. ^a Esquadra n. °2.....	61
Tabela 12: Análise do Orçamento para a 69. ^a Esquadra n. °1.....	62
Tabela 13: Análise do Orçamento para a 69. ^a Esquadra n. °2.....	62
Tabela 14: Análise do Orçamento para a 70. ^a Esquadra n. °1.....	63
Tabela 15: Análise do Orçamento para a 70. ^a Esquadra n. °2.....	63
Tabela 16: Análise de diversas variáveis consideradas.....	64
Tabela 17: Análise das variáveis consideradas para a análise de <i>clusters</i>	65
Tabela 18: Análise das variáveis consideradas para a análise de <i>clusters</i> por tipo de esquadra.....	66
Tabela 19: Análise da <i>One-Way</i> ANOVA com dois <i>clusters</i>	67
Tabela 20: Análise da <i>One-Way</i> ANOVA com três <i>clusters</i>	67
Tabela 21: Critério do Vizinho Mais Afastado.....	68
Tabela 22: Critério de ligação entre grupos.....	68
Tabela 23: Critério de ligação pelo centroide.....	68
Tabela 24: Identificação dos agrupamentos com utilização dos critérios: Vizinho Mais Afastado, ligação entre grupos e ligação pelo centroide.....	68
Tabela 25: Aplicação do método Hierárquico utilizando as variáveis: Retorno aos 25 anos; Número de Painéis; Número de Efetivo e Custo; Produção Média Anual; Número de Efetivo.....	68
Tabela 26: Resultado dos acumulados com atualização de 5,65%.....	71
Tabela 27: Exemplo de orçamento para sistema autónomo.....	72

LISTA DE SIGLAS

- ANOVA – Análise de Variância
- APA – American Psychological Association
- COMETLIS – Comando Metropolitano de Lisboa
- DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia
- EDP – Energias de Portugal
- UE – União Europeia
- FER – Fontes de Energia Renováveis
- IRC – Imposto sobre o Rendimento das pessoas Coletivas
- IRS – Imposto Sobre o Rendimento das Pessoas Singulares
- IVA – Imposto sobre o Valor Acrescentado
- MPPT – Maximum Power Point Tracking
- ONU – Organização das Nações Unidas
- PSP – Polícia de Segurança Pública
- RESP – Rede Elétrica de Serviço Público
- ROI – Retorno Sobre o Investimento
- TIR – Taxa Interna de Rentabilidade
- VAL – Valor Atual Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

- € – Euro
- % – Por cento
- KVA – Kilovoltampere
- KWh – Kilowatt-hora
- MWh – Megawatt-hora
- W – Watt
- Wh/m² – Watt-hora por metro quadrado
- W_p – Watt de pico

PARTE I – DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

INTRODUÇÃO

APRESENTAÇÃO E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA

Na sociedade atual, a energia assume um papel fundamental e o seu consumo tem aumentado significativamente, sobretudo nos designados países desenvolvidos (Dincer, 2000). A energia utilizada advém maioritariamente de combustíveis fósseis e como tal limitados quanto à sua existência, não renováveis.

Enquanto o fato do consumo dos combustíveis fósseis se mostrar insustentável a médio/longo prazo, devido ao seu carácter finito (Singh & Singh, 2012), à sua alta emissão de gases de efeito de estufa (Varun, Prakash, & Bhat, 2009), crise económica existente e constante aumento dos seus preços, a utilização de energia nuclear admite riscos acrescidos.

Tanto a produção de combustíveis fósseis como de energia nuclear apresentam elevados riscos de produção e/ou de transporte, podendo causar catástrofes naturais como, por exemplo, o derrame de petróleo pelo petroleiro Prestige, a 13 de novembro de 2002, o acidente nuclear de Chernobil, a 26 de abril de 1986, pondo em causa toda a vida existente em seu redor e cujos efeitos ainda hoje são visíveis, e mais recentemente, o acidente nuclear na Central de Fukushima, em março de 2011. Estes factos demonstram a necessidade urgente de se apostar em fontes de energia alternativas.

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 necessária 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).

A energia solar consiste na captação da radiação emitida pelo Sol podendo resultar em aquecimento de água, energia térmica ou energia elétrica. A energia solar tem um potencial teoricamente infundável (Proença, 2007).

“A energia solar pode ser utilizada de diferentes formas: uma forma é a energia solar térmica e a outra é a energia solar elétrica” (Guo, 2012, p. 2), sendo assim possível a utilização desta fonte de energia de forma a reduzir o consumo dos combustíveis fósseis. A

energia solar térmica poderá ser captada através de coletores que, normalmente, servem para aquecer fluidos. Apesar de ser uma tecnologia ainda em desenvolvimento, demonstra conseguir custos competitivos, e ainda poderá ser melhorada e os seus custos reduzidos (Dinçer, 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, 2011), 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 muito embrionário e os seus custos são elevados. 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 estes picos de consumo.

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 fatos 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.

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 acompanharem as necessidades da comunidade e dignificarem o próprio Estado. Como tal, a Polícia de Segurança Pública 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 FER para alcançar esses fins e obter uma redução de custos a médio/longo prazo.

PROBLEMA DE ESTUDO

O presente trabalho consiste numa análise da aplicação de uma das tecnologias disponíveis no mercado de energias renováveis nas infraestruturas da Polícia de Segurança Pública. Embora seja verificável um esforço da instituição na eficiência energética, esta ainda não está suficientemente sensibilizada para a necessidade de apostar em energias renováveis. Logo, a presente investigação procura dar resposta à seguinte questão: Será economicamente sustentável a aplicação de painéis solares fotovoltaicos nas instalações de um Comando da Polícia de Segurança Pública?

O OBJETO E OBJETIVOS DE ESTUDO

O objeto de estudo desta dissertação consiste na análise da sustentabilidade económica da aplicação de painéis solares fotovoltaicos num Comando da PSP.

Tendo em conta o objetivo geral, pretendemos atingir os seguintes objetivos específicos:

- Descrever as tecnologias existentes para a conversão da radiação solar em eletricidade;
- Identificar as potencialidades e limitações da aplicação dos painéis solares fotovoltaicos;
- Dimensionamento da aplicação de painéis de energia fotovoltaica;
- Avaliar a exequibilidade e sustentabilidade económica sobre a aplicação destes painéis; e
- Analisar a relação do tipo de esquadra na aplicação da tecnologia.

METODOLOGIA

Na redação do presente trabalho foi utilizado o acordo ortográfico previsto na Resolução do Conselho de Ministros n.º 8/2011 e a norma American Psychological Association (APA), sexta edição.

Em termos metodológicos propomo-nos utilizar o método de recolha de informação através de bibliografia com o objetivo de estudar e compreender o estado atual da tecnologia abordada nesta investigação e as suas potencialidades.

Para avaliar a exequibilidade e sustentabilidade da aplicação destes sistemas foram utilizados indicadores de viabilidade económico-financeira, e para a análise da relação do tipo de esquadra com a aplicação destes sistemas será utilizado o método de análise por *clusters*, ou seja por agrupamento. Esta, consiste num procedimento classificativo e estatístico que permite agrupar determinados objetos através das suas semelhanças, permitindo assim formar grupos homogéneos suscetíveis de análise. Ou seja, são constituídos grupos de comparação com base nas características dos objetos estudados.

Esta dissertação é constituída por introdução, cinco capítulos e conclusão. No primeiro capítulo é elaborado o enquadramento conceptual, descrevendo a radiação solar, suas condicionantes e variação pelo tempo e espaço. São enumeradas as diversas FER existentes e abordado o conceito de sustentabilidade.

No segundo capítulo é exposta a tecnologia fotovoltaica, nos seus diversos tipos, e seus componentes. É descrita a sua forma de integração nas diversas infraestruturas e distinção entre sistemas autónomos, sistemas de ligação à rede e sistemas de autoconsumo.

O terceiro capítulo apresenta os normativos legais associados à atividade de produção de energia elétrica fotovoltaica, os seus regimes e tarifas.

No quarto capítulo é elaborado o dimensionamento do sistema fotovoltaico e analisadas as condições, custos e previsões.

Por fim, no quinto capítulo é utilizado o método de análise por *clusters* hierárquico, para analisar e classificar as variáveis definidas das diferentes esquadras, e não hierárquico a fim de validar o processo anteriormente utilizado.

CAPÍTULO 1 – ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL

1.1. INTRODUÇÃO

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.

1.2. 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 sua 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.

1.2.1. Translação da Terra e sua influência

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.

O movimento de rotação da Terra induz a que o ângulo de incidência da radiação solar varie, não só em função do local, orientação e inclinação da superfície, mas também em função do momento. Como tal, a altura solar e o ângulo de incidência, sendo este o ângulo originado pela linha formada pela radiação direta e pelo plano horizontal da Terra, são variáveis.

1.2.2. Radiação Solar no Mundo e em Portugal

Para o dimensionamento de um sistema é importante determinar o valor da média anual de irradiação solar global do local pretendido – quantidade de energia por unidade de área num período, incidente na superfície terrestre. Como é possível verificar na figura 1, Portugal apresenta-se como um dos países europeus com valores de insolação média anual mais elevados, demonstrando a sua potencialidade para a utilização e desenvolvimento desta energia.

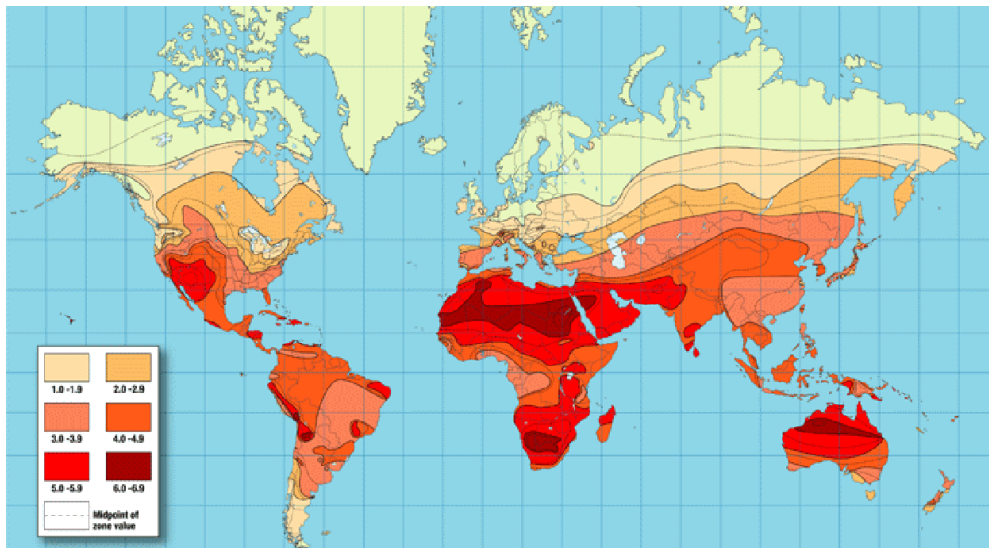


Figura 1: Insolação média anual no Mundo (www.applied-solar.info/solar-energy)

Conforme a figura 2, em Portugal, a irradiação solar apresenta valores entre 1400Wh/m² e os 1700Wh/m². Apresentando os seus valores mais elevados no sul interior do país, com valores mais significativos de 3100 horas médias anuais, contrapondo a média de

aproximadamente 2000 horas anuais no norte litoral (Green Pro – Manual Solar Térmico, 2009).

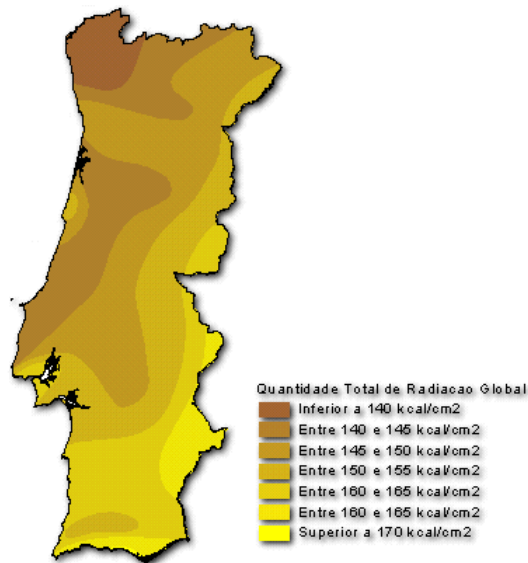


Figura 2: Radiação global anual em Portugal (Green Pro – Manual Solar Térmico, 2009)

Em Portugal, a radiação solar é composta por cerca de 60 % de radiação direta, essencialmente no verão, e por cerca de 40 % de radiação difusa. Pela localização geográfica acima do Equador, a orientação de uma instalação nesta localização deverá ser para sul e com uma inclinação de aproximadamente 30° a 35°, sendo estas indicações consideradas como ótimas para a potencialização de um sistema.

Além da posição geográfica, a captação de energia solar é influenciada pelo clima e sombreamentos, provocados por outros objetos na superfície, sendo estes, outros fatores a ter consideração no dimensionamento de um sistema.

1.3. FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS UTILIZADAS

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, como uma opção com um grande

impacto negativo no ambiente e na qualidade de vida humana, pelas suas emissões de gases de efeito de estufa, e ainda como um 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)

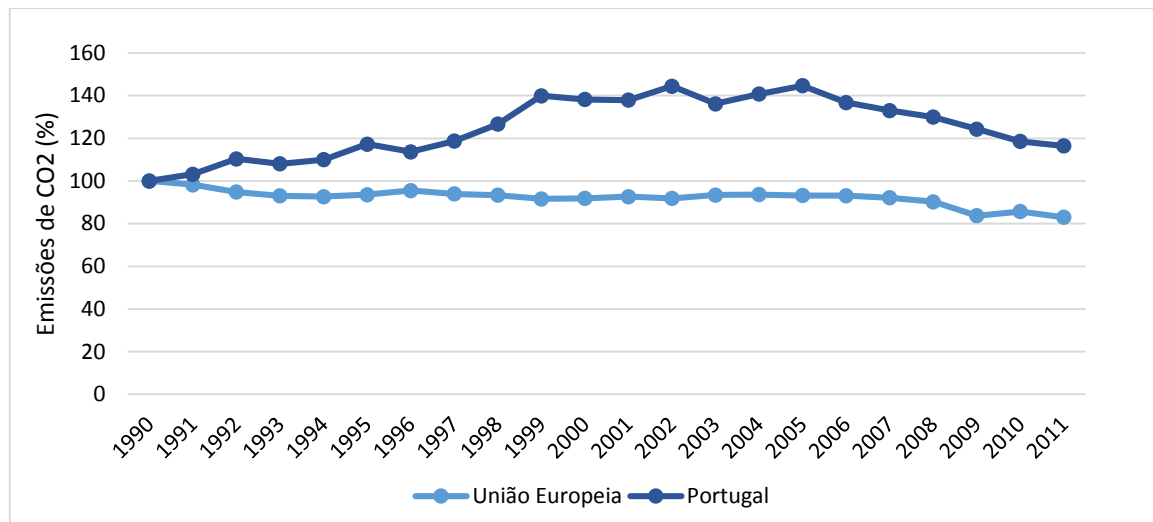


Gráfico 1: Evolução das emissões de CO2 de 1990 a 2011 (Eurostat, 2014).

Uma vez que a UE tem o objetivo de atingir 80 % das emissões emitidas em 1990, verifica-se que a tendência das emissões está conforme o desejado. Portugal, embora esteja com emissões significativamente superiores à média da UE, também demonstra uma tendência positiva.

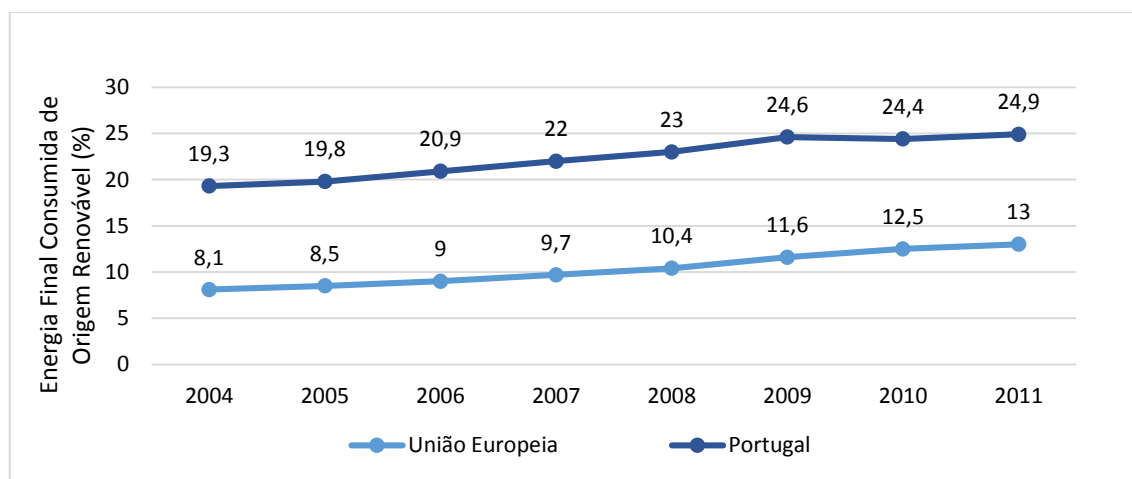


Gráfico 2: Evolução do consumo final de energia de origem renovável de 2004 a 2011 (Eurostat, 2014).

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 a 2011. Pese embora a forte dependência

energética de Portugal em relação ao exterior, essa dependência é decrescente. (Direcção Geral de Energia e Geologia, 2014)

Além dos referidos fatores, a utilização de combustíveis fósseis não é, como já evidenciámos anteriormente, 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 FER (Varun, Prakash, & Bhat, 2009; Bahaj, 2002). 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. Uma vez que, ao longo do desenvolvimento tecnológico têm vindo a ser estudadas várias fontes de energia, é “necessário investir no desenvolvimento de todas elas para encontrar o mix energético ótimo” (Calais, 2011, p. 3; Dinçer, 2011).

Das diversas fontes energéticas disponíveis destacam-se:

- 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, Prakash, & Bhat, 2009). 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).
- Eólica – A energia eólica tem como sua fonte o vento. 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; Varun, Prakash, & Bhat, 2009; Stewart, Pullin, & Coles, 2007)

- Geotérmico – Tem como fonte de energia a temperatura proveniente do interior do planeta em determinadas localizações através de águas quentes ou vapores de água. 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.
- Energia das ondas – A sua fonte de energia advém do movimento das ondas oceânicas. É uma fonte que apesar de se encontrar num estado embrionário do seu 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 o seu estado embrionário representar custos elevados para o seu desenvolvimento (Cruz & Sarmiento, 2005).
- Bioenergia – Esta energia deriva de organismos vivos que podem ser utilizados como combustíveis líquidos, sendo também conhecida como biomassa e biocombustíveis. Esta energia já 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 utilização é muito variada, podendo ser para produção de eletricidade, aquecimento e arrefecimento e para o sector dos transportes.

- 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. 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)

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

1.4. SUSTENTABILIDADE

O termo sustentabilidade é um conceito centrado no equilíbrio entre a sociedade, a economia e o ambiente. Pressupõe uma utilização responsável de um recurso, nas três áreas referidas, garantindo um futuro próspero para futuras gerações (Evans, Evans, & Strezov, 2009). Define algo que tenha condições para se preservar ao longo do tempo, com um custo razoável e que não tenha qualquer impacto negativo para a sociedade ou para o meio ambiente (Dincer, 2000; Hornby, 2010).

A preocupação com a sustentabilidade surgiu na revolução industrial, pela preocupação pela sobrevivência e poluição da atividade industrial desenvolvida nesta época. Contudo, a consciência da necessidade de criação de sistemas sustentáveis apenas surgiu nos anos 60, com o risco de esgotamento de recursos não renováveis utilizados para a produção energética (Batista, 2008).

A sustentabilidade pressupõe a disponibilidade de um recurso a longo prazo, a um preço razoável e sem consequências negativas tanto para o ambiente como para a sociedade. Como tal, os recursos baseados em combustíveis fósseis, por serem considerados finitos ao seu consumo atual, não poderão ser considerados recursos sustentáveis a longo prazo. Ao contrário da energia solar, da energia eólica e da energia hidráulica (Dincer, 2000).

Na atualidade, a sustentabilidade não se prende só com a poluição e consciencialização ambiental, mas também com a redução de custos. Como tal, tem sido desenvolvido um enorme esforço de encontrar sistemas que possibilitem ambas as situações, principalmente no sector da produção energética, através da substituição de métodos baseados em recursos esgotáveis por novas fontes renováveis.

Para atingir uma sustentabilidade estável e equilibrada deverão ser respeitadas determinadas vertentes: Ambiental, preservando o ambiente e reduzindo o impacto nos sistemas biológicos; Social, assegurando as necessidades da sociedade no presente e no futuro; e Económica, visando a estabilidade financeira e a possibilidade de investir promovendo o crescimento económico.

O equilíbrio entre estas vertentes de sustentabilidade torna-se difícil na medida em que as necessidades de uma sociedade globalizada se mostram cada vez mais exigentes e mutáveis, sendo difícil prever necessidades futuras. A existência de grandes focos de aglomeração populacional, provocadores de um maior impacto negativo ambiental, também se apresenta como um desafio para obtenção deste equilíbrio. Como tal, é necessário um esforço conjunto das diversas organizações internacionais e dos respetivos países que as compõem para a aplicação de políticas que compreendam todos os sectores e direcionem os esforços no mesmo sentido. Por outras palavras, será necessário um compromisso global.

A sustentabilidade das energias renováveis pode ser avaliada segundo o período de *payback*, emissão de gases de efeito de estufa e custo de produção (Varun, Prakash & Bhat, 2009). Enquanto o período de *payback* representa o intervalo temporal necessário para o investimento produzir o valor do custo original (Awomewe & Ogundele, 2008), o custo de produção prevê os custos referentes à atividade do sistema que não são calculados para a instalação.

Para além destes fatores, deverão ainda ser observados os benefícios e as limitações da tecnologia existente, a eficiência na transformação dos recursos em energia elétrica, a utilização do espaço disponível e o impacto social. No entanto, alguns destes fatores são limitados *a priori* pela própria limitação dos recursos, espaço disponível e sua envolvente. Logo, das fontes de energia disponíveis, embora seja das que apresenta maiores custos por unidade de produção, a que melhor se poderá adequar às limitações existentes será a energia solar (Evans, Strezov & Evans, 2009).

1.5. SÍNTESE

A energia do Sol é uma energia sem emissões de gases prejudiciais para o ambiente e apenas limitada pelo tempo de vida do Sol. A sua radiação pode ser diferenciada por direta, difusa e refletida, podendo ainda ser transmitida, refletida ou absorvida aquando do seu contacto com alguma superfície, sendo esta última a que importa para o estudo em causa. A translação e rotação da Terra fazem variar a quantidade de radiação solar, o seu grau de incidência e direção.

A UE e Portugal têm objetivos definidos para a redução de emissões de gases de efeito de estufa e embora Portugal esteja acima da média da UE, a tendência é positiva. No entanto, Portugal encontra-se acima da média da UE no consumo final de energias de origem renovável, apresentando-se ainda como um dos países europeus com valor de insolação média anual mais elevados, pela sua localização geográfica, obtendo o seu valor mais elevado no interior sul.

Das diversas FER destacamos a hidráulica, eólica, geotérmica, energia das ondas, bioenergia e solar.

A sustentabilidade é um conceito centrado no equilíbrio entre a sociedade, economia e ambiente, pretendendo sempre a obtenção de soluções a longo prazo. É neste âmbito que procuramos analisar a tecnologia de produção de energia solar fotovoltaica.

CAPITULO 2 – SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

2.1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da existência humana, que o Homem utiliza o Sol para os mais diversos fins, seja esta utilização mais ou menos consciente, desde para o aquecimento de água até à aplicação de estruturas que permitissem conter o calor no inverno.

A energia solar pode ser aproveitada através de sistemas de produção de energia elétrica proveniente da radiação solar ou de conversão em energia térmica. Para a obtenção de energia elétrica é possível o emprego de tecnologias como as centrais solares termoelétricas e módulos fotovoltaicos.

Em 1839, Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico (Komp, 1984), sendo que a primeira célula fotovoltaica apenas foi criada em 1954 pelos laboratórios Bell com vista à aplicação em programas espaciais.

Desde a criação da tecnologia fotovoltaica que esta se tem vindo a desenvolver exponencialmente e em, consequência, os seus custos têm reduzido de igual forma. A sua evolução prende-se não só na procura pela eficiência de transformação de energia solar em energia elétrica, como também na diversificação da sua aplicação.

2.2. TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

A tecnologia fotovoltaica traduz-se na produção de energia elétrica através da captação de radiação solar. Como tal, o seu principal componente é a célula fotovoltaica que permite a captação dessa radiação.

Para a conversão da radiação em energia, as células fotovoltaicas são constituídas, mais frequentemente, por átomos de silício compostos por eletrões de coesão estáveis que, quando expostos à luz ou à temperatura, ocorre um processo de autocondução, sendo este processo a quebra da coesão existente, criando lacunas e permitindo a livre movimentação de eletrões. Para que exista produção de energia elétrica, é então adicionado um átomo impuro (dopado), possuindo um eletrão a mais (P) ou a menos (N), que irá provocar novas lacunas que são “conduzidas” para a direção contrária do campo elétrico que movimenta os eletrões libertados, gerando o efeito fotovoltaico. Este efeito permite a produção de energia elétrica através da utilização de materiais semicondutores e de outras substâncias dopantes que permitem produzir, controlar e transmitir a energia elétrica.

Sobre as células pode ser aplicada uma película antirreflexo que permite reduzir a reflexão da radiação solar, que em conjunto com a textura utilizada nas células, permite captar maiores quantidades de radiação e potenciar a sua utilização.

Para a determinação do desempenho das células fotovoltaicas foram estipuladas condições de referência, *Standard Test Conditions*, por forma a ser possível classificar e comparar células fotovoltaicas. Sendo as condições de referência: Irradiância, energia total que atinge a atmosfera da Terra; Temperatura da célula; e Massa de ar. A massa de ar é determinada pelo percurso da radiação solar na atmosfera para um determinado local.

2.2.1. Tipos de Células

A célula solar fotovoltaica é o menor elemento de um painel fotovoltaico e tem como função a conversão de energia solar em eletricidade, através da transformação de potência da radiação solar, a nível atómico, em energia eléctrica.

Ao longo do desenvolvimento de células fotovoltaicas, têm-se vindo a adotar diversas tecnologias a fim de encontrar a opção mais eficiente e com menores custos. Como tal, podemos fazer a distinção entre tecnologia de concentração e convencional, sendo esta última dotada de diversas gerações: células de primeira geração, que têm na sua base o silício cristalino e constitui uma grande parte das células produzidas para efeitos comerciais; células de segunda geração, que utilizam películas mais finas para reduzir os materiais necessários para a sua construção, reduzindo o custo e peso, e aumentando as possibilidades de aplicação; células de terceira geração, que, diferindo das anteriores, incluem novas tecnologias foto eletroquímicas e de nano cristais, melhorando o seu desempenho.

Contudo, qualquer célula fotovoltaica é constituída por duas ou mais camadas de material semiconductor, permitindo a criação de um ciclo de fluxo de eletrões que cria corrente eléctrica.

2.2.1.1 Convencional de 1ª Geração:

Atualmente, a tecnologia fotovoltaica com base em silício cristalino representa “90 % dos geradores instalados no mundo” (Calaia, 2011, p. 8). Sendo a tecnologia mais consolidada, robusta, de elevada fiabilidade e de menor custo, apresenta-se como a tecnologia dominante no mercado internacional. No entanto, por a sua eficiência ser reduzida (16 %), devido às perdas existentes na interconexão entre células no painel durante a sua fabricação, e a sua fabricação complexa e energeticamente dispendiosa, apresenta-se como a tecnologia mais cara da sua geração.

Na 1ª geração podemos essencialmente distinguir as células de silício monocristalino, sendo as mais comuns no mercado, apesar do seu fabrico complexo, e as células de silício policristalino.

As células de silício monocristalino apresentam-se de desenvolvimento mais complexo pela elevada necessidade energética para o seu fabrico, pela necessidade de utilizar uma estrutura de cristal perfeita. Os seus módulos comerciais apresentam rendimentos de aproximadamente 14 %. Apesar de poderem ser fabricados módulos redondos permitindo uma construção ligeiramente mais económica, a sua rentabilidade face ao espaço necessário não é significativa.

As células que têm por base o silício policristalino não exigem cristais tão perfeitos como as de monocristalino, sendo a sua produção baseada no tratamento de silício em estado bruto, serrando-o em partes com espessura de 0,3mm e aplicando uma camada anti refletora. Por este fato, estas células apresentam um menor custo de produção e pela sua construção, permitem um melhor aproveitamento da área existente no painel. Contudo, as células de silício policristalino demonstram uma menor eficiência, pelas características irregulares dos cristais. Sendo de referir que a diferença de custo/potência entre os módulos silício monocristalino e policristalino é pouco significativa (Calaia, 2011).

2.2.1.2. Convencional de 2ª Geração:

O desenvolvimento de células de 2ª geração decorre da necessidade de reduzir o consumo de silício (Bringing Solar Electricity to Earth, 1990). São, então, desenvolvidos novos sistemas com menor espessura que permitem uma redução de peso e a sua aplicabilidade em diversos materiais, permitindo uma maior variedade de possibilidades para as suas aplicações arquitetónicas. Através desta evolução, é possível, não só, a aplicação desta tecnologia em telhados e fachadas, mas também a sua integração em componentes utilizados na construção civil, como telhas e vidros.

As células que utilizam o silício amorfo, ou película fina, pela ausência de estrutura cristalina, apresentam defeitos que deveriam impedir a sua utilização para estes fins, mas através da adição de hidrogénio, os efeitos das suas deformações são atenuados e é possível a captação da radiação solar de forma mais eficiente que as opções anteriores. Apresentam ainda a vantagem de o formato e tamanho das células não ser limitado como acontece com as células anteriores. A menor necessidade de consumo de materiais e energia para o fabrico, conduz à redução do seu custo, sendo o rendimento elétrico de aproximadamente 5 % a 7 % (Santos, 2011).

As primeiras células desta geração são as de silício amorfo, já referidas, sendo estas indicadas como a transição entre gerações, mas foram as células de disseleneto de cobre e índio e telureto de cádmio que, pela sua eficiência e custos reduzidos, destacaram o progresso para a 2ª geração (Calaia, 2011).

2.2.1.2.1. Células de Silício amorfo ou Película Fina

Atualmente existem diferentes tecnologias de película fina com vista em encontrar a mais eficiente e económica. Uma delas é de disseleneto de cobre e índio que, tal como o silício amorfo, pode ser rígido ou flexível. Esta tem sido foco de desenvolvimento e utilização por o seu fabrico ser mais económico e as células não sofrerem deterioração com a radiação solar, contudo, exige maiores cuidados de selagem por a humidade causar instabilidade.

Outra tecnologia deste tipo é a de telureto de cádmio que se apresenta como uma inovação para as suas aplicações. Estes módulos fotovoltaicos são constituídos por duas camadas de vidro contendo entre ambas telureto de cádmio, que permite a sua utilização como uma janela convencional, devido às suas propriedades semitransparentes. Contudo, quanto mais transparente o módulo, menos eficaz será a produção de energia. Apesar dos custos de produção serem reduzidos, em semelhança com a tecnologia anterior, o fato do elemento cádmio ser tóxico e o telureto ser um elemento raro, pode dificultar a evolução e o consentimento na sua utilização.

As células de arsenieto de gálio utilizam diferentes elementos das anteriores que permitem atingir melhores níveis de eficiência. No entanto, o seu custo de produção é mais elevado em comparação com as restantes tecnologias, sendo apenas rentável a sua utilização espacial.

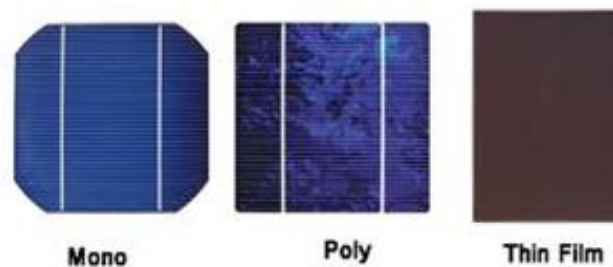


Figura 3: Módulo fotovoltaico monocristalino, policristalino e silício amorfo (www.johnsavesenergy.com)

2.2.1.3. Convencional de 3ª Geração:

As células de 3ª geração, embora ainda não estejam aperfeiçoadas, são baseadas em células de multijunção e nanotecnologias para a produção de películas finas sobre materiais flexíveis, que permitem obter um melhor rendimento do espectro da radiação solar e uma maior variedade de aplicações. Para a construção destas células são utilizados materiais orgânicos semicondutores por forma a tentar reproduzir o processo de fotossíntese.

Estas células para além de serem flexíveis podem ser semitransparentes permitindo novas formas de aplicação em edifícios.

2.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO

2.3.1. Módulos

A célula fotovoltaica não é capaz de produzir potência suficiente para qualquer das aplicações possíveis, como tal, é conectada em série ou em paralelo formando um módulo fotovoltaico, sendo um agrupamento de módulos fotovoltaicos, denominado de painel fotovoltaico.

Para a ligação entre células podem ser utilizados diferentes métodos: por etileno vinil acetato, por teflon ou por resina fundida. A ligação entre módulos poderá ser em série ou em paralelo e deverá respeitar uma separação entre os diferentes tipos de módulos, otimizando a sua eficiência.

A construção de módulos fotovoltaicos poderá ser distinta entre módulos *standart*, módulos especiais e módulos específicos. Os primeiros são módulos convencionais de fabrico padronizado que têm como objetivo a relação da maior eficiência por metro quadrado com o menor custo possível. Os módulos especiais são produzidos também em grande quantidade, mas para determinada aplicação. Estes são utilizados em menor número que os anteriores e visam aplicações genéricas mas menos usuais, como em telhas, veículos, entre outros. Os módulos específicos são fabricados com determinadas especificidades para aplicações singulares. (GreenPro, 2004) Devido às condições externas a que estes módulos poderão estar expostos, a sua construção deverá ser resistente.

A potência de um módulo é determinada pela sua potência nominal, ou seja, pela potência em que trabalha em condições normais, de forma mais eficiente e com o menor desgaste. Embora esta seja das características mais relevantes num módulo, também devem ser consideradas outras como a tolerância de potência, a eficiência e tensão nominal.

Os principais fatores que influenciam o desempenho de uma célula fotovoltaica são a temperatura das mesmas e a intensidade da radiação solar. Sendo que a produção de energia é superior com o aumento da radiação e diminui com o aumento da temperatura na célula. Como tal, a definição da orientação dos módulos fotovoltaicos é fundamental para otimizar a quantidade de radiação captada. Sendo como regra universal que “um ângulo igual ao da latitude do local em que se encontram, a radiação solar média incidente sobre o módulo ao longo do ano é maximizada.” (Calaia, 2011, p. 7). Na procura pela maximização da captação de radiação, foram desenvolvidos sistemas que possuem seguidores e sensores de luz que regulam a orientação dos módulos em conformidade com o movimento do sol.

Atualmente existem diversas soluções de módulos fotovoltaicos no mercado e a sua escolha é feita através de uma análise ponderada dessas soluções e da potência necessária para os objetivos em vista, limitações económicas e temperaturas existentes. Nesta escolha, existe a necessidade de encontrar um equilíbrio entre a vertente económica – investimento necessário, a qualidade – perspetiva de duração e desempenho – e especificações técnicas, que poderá ter influência direta na vertente económica pela forma como poderá influenciar o número de painéis necessários, conforme a potência dos mesmos.

Para além destes aspetos principais, a escolha também deverá ter por base o número de painéis necessários, a potência dos mesmos e o espaço necessário/disponível para a instalação. Para a estimativa do número de painéis a instalar, temos de equacionar “a potência a instalar com a potência máxima dos painéis selecionados” (Andrade, 2012, p. 5) e o espaço existente.

Para determinar a produção dos painéis, deverão ainda ser considerados os efeitos de sombreamento e deposição de sujidades nos módulos. Determinadas condições que possam proporcionar o sombreamento de uma célula pode aumentar a temperatura da mesma, danificando-a. No caso de sombreamento de um módulo fotovoltaico, poderá ter consequências tanto na eficiência do sistema como na integridade dos módulos. Para evitar estas situações, são utilizados díodos, que isolam a secção danificada, permitindo que determinado módulo e todo o sistema continue a funcionar, embora com menor eficiência.

2.3.2. Bateria

O armazenamento de energia sempre se apresentou como das maiores dificuldades de qualquer sistema que necessite deste componente. Para os sistemas de energia solar fotovoltaica, esta dificuldade é realçada pela necessidade de armazenar toda a energia produzida que não é consumida no momento e, se possível, que essa energia seja suficiente para os períodos de impossibilidade de produção.

Para este armazenamento são utilizadas baterias. Estas são constituídas por uma ou mais células ligadas em série num involucro, conforme a sua aplicação e peso, que através de um processo químico permitem o armazenamento ou fornecimento de energia elétrica. Dos diversos tipos de baterias, devem ser tidos em conta determinadas características como: capacidade de carga; tempo de descarga; ciclos de vida – número de vezes que a bateria pode ser descarregada e carregada; auto descarga – quantidade de perda de energia da bateria quando não se encontra em utilização; profundidade de descarga – valor mínimo de energia que pode atingir; eficiência; tensão; densidade energética e de potência.

Para as aplicações fotovoltaicas, as baterias de acumuladores de chumbo-ácido são as mais utilizadas por permitirem uma boa relação entre preço, ciclo de vida útil e serem isentas de derrames, libertação de gases e manutenção.

2.3.3. Caixa de Junção

Cada conjunto de módulos fotovoltaicos deverá estar ligado entre si através de uma caixa de junção. Esta contém terminais e sistemas de corte, para em casos de existência de anomalias, o funcionamento de determinado conjunto de módulos não prejudicar o funcionamento de outro, utilizando fusíveis e díodos de bloqueio de fileiras de módulos fotovoltaicos.

2.3.4. Inversor

O inversor é o componente responsável pela conversão de corrente produzida pelo sistema fotovoltaico, para a corrente utilizada habitualmente, ajustando ainda a frequência e tensão. A escolha do inversor está diretamente relacionada com a sua aplicação e potência fotovoltaica a implementar, pois este deve-se encontrar entre 70 % a 120 % da potência existente. Em sistemas de elevados níveis de potência, é comum a instalação de vários inversores, com o objetivo de reduzir o número de inversores em funcionamento em momentos de irradiação inferiores.

Para realizar a matriz fotovoltaica, deve-se definir a tensão de entrada no inversor através da totalidade de tensão resultante de determinado número de módulos em série. Sendo necessário definir extremos de temperatura que o módulo possa atingir no local em questão para determinar a potência máxima que irá restringir a escolha do inversor ou o número mínimo ou máximo de módulos numa série.

É possível distinguir os inversores de rede dos inversores autónomos. Os inversores de rede convertem a corrente dos módulos de corrente DC – corrente contínua, geralmente utilizada em baterias – em AC – corrente alternada, não possuindo polos positivo e negativo definidos e habitualmente utilizada em habitações e serviços. Desta forma, é possível ligar o sistema à rede elétrica e garantir a proteção dos equipamentos ligados ao sistema.

Os inversores autónomos permitem obter uma corrente AC de forma estável para sua utilização, obter um bom rendimento de conversão, mesmo quando está em simultâneo a carregar as baterias do sistema autónomo, com corrente DC, e protege os equipamentos e baterias ligados ao sistema.

2.3.5. Reguladores de Carga

Este componente é o responsável pelo controlo de carga das baterias através de uma análise constante da tensão da mesma em sistemas autónomos. Permitem interromper a transmissão de energia de e para a bateria quando esta atinge a sua profundidade de descarga máxima ou quando atinge a sua carga máxima, respetivamente. Este regulador funciona como um gestor da energia existente nas baterias aumentando o seu período de vida útil.

2.3.6. Cablagem

Deve ainda ser definida a secção mínima de cablagem necessária, sendo necessário ter em conta fatores como as perdas de potência, comprimento e número de módulos e fileiras existentes. Existindo três aplicações: os responsáveis pela interligação dos diferentes módulos e pela ligação dos mesmos à caixa de junção, com perda admissível de 1 %, os que ligam a caixa de junção ao inversor, com perda admissível de 3 %, e o responsável pela ligação do inversor à corrente regular (Andrade, 2012). Toda a cablagem deve ser resistente às condições a que está sujeita, a fim de garantir a sua fiabilidade e eficiência.

Para além destes componentes, pode ser utilizado um interruptor diferencial DC que permite isolar um inversor do gerador fotovoltaico a fim de proceder à sua manutenção ou reparação.

2.4. INTEGRAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

A integração dos módulos fotovoltaicos poderá surgir como forma de integração na própria estrutura do edifício ou como uma adição à estrutura ou envolvente do mesmo. A integração na estrutura do edifício ocorre quando o sistema substitui determinadas componentes do mesmo por componentes idênticos na sua forma, mas com características que possibilitam a captação de energia fotovoltaica, enquanto a adição à envolvente do mesmo ocorre quando é utilizada uma estrutura para fixar o sistema ao próprio edifício ou à sua envolvente.

Por norma, grande parte dos sistemas fotovoltaicos são instalados nos telhados dos edifícios, podendo estes ser planos quando a sua inclinação é inferior a 5° ou inclinados. Os telhados inclinados, por norma, possuem coberturas que permitem o escoamento de água enquanto os planos são impermeabilizados e isolados para evitar infiltrações, escoando as águas através de um sistema próprio de vazão.

Os telhados podem ser ventilados ou não, distinguindo os telhados frios de quentes. Os ventilados, ou frios, são constantemente ventilados entre as suas camadas, prevenindo deformações provocadas por altas temperaturas.

Antes da integração ou adição dos sistemas num telhado, deve ser garantido que este se encontra em boas condições e que o seu tempo de vida útil será superior ao tempo de vida útil dos módulos, que se estima ser de 25 a 30 anos. A sua disposição deverá ter em conta não só a forma do telhado por forma a otimizar o espaço existente, como as condições meteorológicas e possíveis sombreamentos.

Os sistemas fotovoltaicos podem ser instalados em telhados planos ou inclinados. Os telhados planos apresentam diversas possibilidades para a instalação de módulos fotovoltaicos, através de diversas estruturas de montagem, permitindo ajustar a sua orientação e ângulo de inclinação, ou através da sua fixação direta à cobertura. A última opção, embora mais económica, limita a capacidade de inclinação ou orientação, tal como as suas potencialidades, por atingir maiores temperaturas e acumular quantidades de sujidade superiores. Deve ainda ser tida em conta a fixação da estrutura à cobertura, conforme o seu peso, tamanho, disposição dos módulos e estrutura da própria cobertura. No entanto, as estruturas podem ser apenas fixas a blocos de betão que pelo seu peso, fixam os módulos à cobertura.

A instalação em telhados inclinados limita *a priori* a orientação e inclinação dos módulos. Tal como nos telhados planos, podem ser integrados ou instalados com o auxílio de estruturas, sendo esta a opção com melhor relação de custo-benefício (Santos, 2011),

embora seja necessário elaborar planos para a fixação da estrutura, definindo pontos de fixação, para que as estruturas consigam suportar todas as condições a que são sujeitas. Os módulos podem também ser integrados nos telhados inclinados através da substituição da cobertura existente pelos próprios módulos, sendo-lhes atribuída não só a função de gerar energia mas também de fazer parte integrante da cobertura do edifício. Desta forma, os módulos deverão ser instalados de forma rigorosa, isolando o edifício de possíveis infiltrações. Um exemplo desta possibilidade é a utilização de telhas solares, que substituem as telhas convencionais, diferindo das mesmas pela possibilidade de gerar energia elétrica e pela necessidade de serem fixas por serem mais leves.

Os sistemas fotovoltaicos podem ainda ser instalados em fachadas, coberturas e sistemas de sombreamento, fazendo parte integrante de uma fachada de um edifício ou construção, substituindo assim partes constituintes dos mesmos. Com o desenvolvimento dos módulos fotovoltaicos translúcidos, é possível substituir as fachadas em vidro, permitindo não só a entrada de luz num edifício mas também a produção de energia em simultâneo. Tal como nos telhados, é possível que a sua instalação seja feita com ou sem ventilação permitindo menores temperaturas dos módulos, e o aumento do seu desempenho.

Pela multiplicidade de formas e tamanhos que os painéis fotovoltaicos podem tomar, embora o rendimento de uma superfície vertical ser inferior ao de uma superfície inclinada, apresentam diversas potencialidades arquitetónicas.

Pela facilidade de montagem dos módulos, podem ainda ser construídos com determinados padrões ou imagens, possibilitando visuais diferentes e a sua utilização para efeitos de marketing.

Habitualmente, são construídos sistemas de sombreamento que visam uma orientação solar ótima e proporcionar proteção da radiação solar. Uma vez que, estas são condições perfeitas para a produção de energia solar, permitindo maiores níveis de produção pela sua boa ventilação, orientação e inclinação, apresentam-se como uma opção económica promissora.

Com o objetivo de aumentar a performance dos sistemas e otimizar os ganhos, pode ser utilizado um sistema de seguimento solar que ajusta a direção e inclinação conforme as variações provocadas pelos movimentos de rotação e translação da Terra. Por ambos os movimentos da Terra causarem mudanças de direção sobre dois eixos, este sistema de movimentação dos equipamentos de captação solar pode utilizar um sistema de um ou dois eixos, permitindo aumentar a produção. Embora a utilização deste sistema melhore o

desempenho, também conduz a um maior custo de instalação, sendo necessário relacionar a diferença de desempenho com e sem este sistema para avaliar o valor total do investimento.

2.5. TIPOS DE SISTEMA

Um sistema de energia solar fotovoltaica pode se apresentar como sistema autónomo, de ligação à rede ou de autoconsumo.

2.5.1. Sistema autónomo

Os sistemas autónomos são sistemas que utilizam a energia solar para preencher a necessidade energética de determinado local que, por razões técnicas ou económicas, não existe rede pública de distribuição de energia elétrica, passível de se verificar em zonas rurais ou em países em desenvolvimento. Estes sistemas visam corresponder a energia produzida à procura do consumidor, sendo esta tarefa árdua, pois ao longo de um dia ou de um ano a radiação solar varia, e conseqüentemente a sua produção, tal como o consumo também poderá ser inconstante, tendo sempre tendência para aumentar. Para complementar esta necessidade são utilizados sistemas de armazenamento e meios complementares de produção de energia, como geradores a combustível.

A capacidade de apoiar o consumo nas horas de pico pode alterar conforme a natureza do edifício, sendo que em edifícios comerciais e industriais, o pico de consumo corresponde às horas de maior produção, enquanto tal não se verifica em habitações onde este pico de consumo poderá não corresponder ao período de maior produção.

Uma vez que, um gerador fotovoltaico e respetivos sistemas de armazenamento também estão limitados pelo seu tempo de vida útil, de cerca de 10 a 15 anos, esta opção não é tida em conta como uma forma de investimento com um retorno do mesmo a curto/médio prazo, mas sim como uma alternativa a uma ligação à rede pública.

2.5.2. Sistema Ligado à rede

Os sistemas ligados à rede, por comparação com os sistemas autónomos, apresentam-se como sistemas mais simples e económicos. Por serem sistemas que operam com ligação à rede pública de distribuição de eletricidade, transmitindo toda a energia produzida para a rede, não necessitam de sistemas de armazenamento e o seu inversor pode ser aplicado no exterior do edifício.

Por esta opção exigir menos componentes e se ligar à rede pública, apresenta-se como uma excelente escolha para o futuro dos países desenvolvidos, não só por ser mais

económico que os sistemas autónomos, mas também por assegurar a continuidade de fornecimento de energia aos consumidores e diminuir a necessidade de produção do fornecedor.

Geralmente, um sistema ligado à rede é composto pelos seguintes componentes: Módulos fotovoltaicos, caixa de junção, inversor, mecanismos de proteção, aparelho de medida e cablagem.

2.5.3. Sistema de Autoconsumo

Os sistemas de autoconsumo utilizam a energia produzida para consumo próprio, possibilitando a redução ou anulação do consumo da rede pública. Estes podem ser aplicados a instalações com ligação à rede pública ou não, tal como verificável nas opções anteriores, e podem utilizar sistema de armazenamento ou não.

Uma vez que só existe produção durante o dia, a utilização do sistema sem acumulação apenas produz a energia necessária para o consumo presente, recorrendo à rede pública quando a produção se mostre insuficiente. Na aplicação de sistemas de acumulação é possível armazenar a produção excedente para quando necessário, diminuindo o consumo à rede pública. Para o dimensionamento deste sistema é fundamental um estudo rigoroso do consumo diário e das condições existentes, prevendo as necessidades do consumidor.

Embora o enquadramento legal para o autoconsumo ainda esteja em revisão, está direcionado apenas para o consumo próprio e não para a venda à rede pública, ainda que tal seja tecnicamente possível.

2.6. SÍNTESE

A tecnologia fotovoltaica resulta na produção de eletricidade pela captação de radiação solar, através de células fotovoltaicas. O desenvolvimento desta tecnologia tem sido exponencial e com cada vez melhor eficiência, aplicações diversas e custos mais acessíveis.

As células fotovoltaicas, como principal elemento de um sistema fotovoltaico pela sua capacidade de captação da radiação solar, podem ser distintas em diversos tipos conforme a sua constituição ou funcionamento: primeira, segunda e terceira geração. No entanto, grande parte das células comercializadas na atualidade é constituída por silício cristalino. O sistema fotovoltaico pode ser constituído por diversos componentes: módulo fotovoltaico, bateria, caixa de junção, inversor, regulador de carga e cablagem.

Um sistema fotovoltaico pode ser integrado na própria estrutura do edifício, substituindo parte dos seus componentes ou ser adicionado à estrutura do edifício ou à sua envolvente.

Um sistema pode-se constituir como: sistema autónomo, utilizando a energia produzida para consumo próprio sem ligação à rede; sistema de ligação à rede, transmitindo toda a energia produzida para a RESP em troca de uma retribuição monetária; ou sistema de autoconsumo, utilizando toda a energia produzida para consumo próprio, recorrendo à rede de distribuição quando a produção não seja suficiente.

Pela necessidade de alteração do paradigma da produção energética foram desenvolvidos sistemas nas mais variadas formas.

Para a disseminação desta forma energética e por forma a garantir que Portugal alcance o objetivo de se colocar na liderança desta mudança, foi indispensável a criação de incentivos e regulamentação desta atividade.

CAPÍTULO 3 – NORMATIVOS LEGAIS ASSOCIADOS

3.1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de reduzir o impacto ambiental, promover a exploração de FER e a eficiência energética, foi elaborada diversa legislação para incentivar empresas e particulares a investir neste âmbito.

Com vista a estes fins foram celebrados diversos protocolos e diretivas com o fim de regular e promover as FER, como o Protocolo de Quioto que comprometeu a Organização das Nações Unidas (ONU) a reduzir as emissões de gases de efeito de estufa.

Na UE, onde Portugal se insere, a aposta nas energias renováveis tem sido cada vez maior. Surgiram diversos normativos legais que visam regular e incentivar a atividade e utilização das diversas tecnologias, sendo um dos exemplos a Diretiva Comunitária n.º 2001/77/CE, ao promover a produção de energia através das FER, estabelecendo metas a cumprir para que grande parte da energia produzida seja a partir de FER.

Em Portugal, a referida diretiva, também designada por Programa E4, visou a promoção do desenvolvimento das energias renováveis, procurando assegurar a produção energética, reduzir custos e diminuir o impacto ambiental. Este programa foi revogado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 63/2003, no qual a estratégia para a energia assenta de igual forma na garantia de produção, que sustente o consumo, e no desenvolvimento sustentável destas tecnologias.

A diretiva n.º 2010/31CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, impõe a exigência dos novos edifícios, a partir de 2021, necessitarem de poucos ou nenhuns recursos energéticos provenientes das fontes energéticas convencionais. Sendo o prazo para edifícios novos ocupados ou detidos por autoridades públicas é de menos dois anos, ou seja, 2019.

Para atingir este objetivo, cada Estado Membro definiu os seus planos e objetivos com base nesses parâmetros. Como tal, Portugal, no seu Programa Nacional de Reformas, aprovado em Conselho de Ministros em 20/03/2011, prevê que, até 2020, 31 % da energia consumida seja de origem renovável e 10 % da energia utilizada no sector dos transportes também seja de origem renovável.

Para atingir estes valores foi elaborado o plano da Estratégia Nacional para a Energia 2020, pelo Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, na qual foram estabelecidos os seguintes objetivos:

- Garantir que, em 2020, 31 % do consumo final bruto de energia, sendo este a quantidade de energia necessária para satisfazer o consumo da população, 60 % da

eletricidade produzida e 10 % do consumo no sector dos transportes sejam de origem renovável;

- Reduzir, cerca de 25 %, a dependência da importação de combustíveis fósseis;
- Consolidar a indústria associada à energia eólica e criar novos agrupamentos associados a novas tecnologias de produção de energia renovável;
- Promoção de um desenvolvimento sustentável, apoiado na redução de emissões de gases de efeito de estufa.

Foram ainda definidas algumas medidas específicas como a criação de um equilíbrio tarifário que suporte o crescimento da utilização das energias renováveis, apoio ao desenvolvimento económico para o investimento nas energias renováveis, atualização do programa de microprodução e introdução do programa de miniprodução de energia fotovoltaica e melhor aproveitamento do potencial hídrico e eólico.

Apesar da criação da Estratégia Nacional para a Energia 2020, já tinha sido elaborado o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis até 2016. Este plano abrangia as seguintes áreas específicas: transportes, residencial e serviços, indústria e Estado. Pretendia ainda influenciar comportamentos, fiscalização, incentivos e financiamentos, visando a promoção de eficiência energética.

Embora a criação dos incentivos anteriormente referidos, em 2012 parte desses benefícios foram retirados ou diminuídos. Exemplos desses benefícios fiscais são: a cobrança do Imposto sobre o Valor Acrescentado (IVA) a 13 %, passando a ser cobrado a 23 %; a extinção do retorno de 30 % do investimento no Imposto sobre o Rendimento das pessoas Coletivas (IRC) ou no Imposto Sobre o Rendimento das Pessoas Singulares (IRS); e a redução acentuada da tarifa bonificada.

O Decreto-Lei n.º 189/88, de 27 de maio, alterado pelo Decreto-Lei n.º 339-C/2001, de 29 de dezembro, e pelo Decreto-Lei n.º 33-A/2005, de 16 de fevereiro, revê os fatores de cálculo da remuneração pelo fornecimento de energia por centrais renováveis e define normativos referentes à obtenção de licenças.

A produção através de sistemas fotovoltaicos ligados à rede é distinta pelos regimes de miniprodução e microprodução. Como tal, foi regulada a utilização destes sistemas e o sistema de gestão de consumos intensivos de energia. Conforme ambos os regimes, estão previstas diferentes tarifas para ambos os regimes: a tarifa geral e bonificada, variando nas condições necessárias e no valor de compra e venda.

3.2. REGIMES DE LIGAÇÃO À REDE

3.2.1. Microprodução:

A microprodução consiste num regime de produção de eletricidade de baixa tensão, pelo consumidor, através da captação de radiação solar para venda à rede pública. Este regime de ligação à rede, em Portugal, é representado pela empresa Energias De Portugal (EDP). Esta opção pode ser vista como um investimento seguro, uma vez que as tarifas subsidiadas são fixadas pelo Estado português, garantindo um retorno do investimento em cerca de 7 anos (Santos, 2011).

O Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de novembro, alterado pela Lei n.º 67-A/2007, de 31 de dezembro, e pelo Decreto-Lei n.º 118-A/2010, de 25 de outubro, determina o regime jurídico aplicado à produção de eletricidade de pequena potência. Para a microprodução, é imposta à entidade a existência de uma instalação elétrica com consumo efetivo, sendo a titular do contrato, que a unidade de microprodução seja instalada onde a energia é consumida e que a potência não poderá ser superior a 50 % da potência contratada.

É estipulado que qualquer entidade, pública ou privada, tem a possibilidade de instalar um número de sistemas de microprodução igual ao número de contrato de fornecimento de energia de baixa tensão.

Para agilizar o relacionamento entre o microprodutor e a administração, foi criada uma plataforma eletrónica denominada Sistema de Registo para Microprodutores, onde este se deve registar e questionar a possibilidade de aceder ao regime pretendido, sendo este registo cobrável com taxa de 500 euros, prevista na Portaria n.º 1185/2010, de 17 de novembro e na Portaria n.º 1278/2010, de 16 de dezembro.

Após o registo, deverá ser instalado o sistema fotovoltaico e indicado o equipamento instalado, a entidade instaladora e o técnico responsável pela instalação. Só após estes procedimentos, poderá ser solicitada uma inspeção para verificar o regulamentado, com o intuito de ser emitido o certificado de exploração.

Na microprodução podemos distinguir dois regimes de remuneração:

3.2.1.1. Regime Geral

O regime geral, conforme o Decreto-lei n.º 118-A/2010, de 25 de outubro, é aplicável a qualquer produtor que inicie a sua atividade de microprodução. A tarifa aplicável a este regime é a do custo de compra de energia aplicado pelo fornecedor que a comercializa, sendo atualizada anualmente em função da inflação.

3.2.1.2. Regime Bonificado

O regime bonificado é aplicável a sistemas fotovoltaicos em que a potência de ligação não exceda 3,68KW e o local de consumo da energia produzida disponha de painéis solares térmicos, com pelo menos 2m², ou caldeira a biomassa.

Neste caso, o produtor é remunerado com a tarifa base de referência em vigor à data de emissão do certificado de exploração, sendo essa tarifa definida pelo Governo, por despacho do diretor geral da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG). Esta remuneração é fixada para dois períodos, sendo o primeiro de 8 anos, após o 1º dia do mês seguinte ao início do fornecimento, e o segundo período de 7 anos. Após estes dois períodos, que perfazem um total de 15 anos, o produtor passa ao regime remuneratório geral, sem prejuízo de passar ao regime geral antes deste período, caso comunique a sua vontade.

Conforme a Portaria n.º 431/2012, de 31 de dezembro, artigos 1.º e 2.º, e o Despacho da DGEG, de 26 de dezembro de 2013, n.º2, em 2014, a tarifa de referência para a produção fotovoltaica é de 66€/MWh, durante o primeiro período, e de 145€/MWh, no segundo período.

3.2.2. Miniprodução

A miniprodução consiste na produção remunerada de eletricidade através de FER, para a RESP. Nesta modalidade, as instalações são de média e baixa tensão, sendo apenas necessário que exista consumo efetivo de eletricidade no local onde a potência de ligação à rede seja igual ou inferior a 250KW, e que o consumo seja de pelo menos 50 % do valor da produção. Ou seja, teremos de limitar o dimensionamento para que a produção seja de pelo menos metade do consumo.

O respetivo regime jurídico é estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de março. Este regime permite ao produtor consumir a eletricidade produzida e vender apenas a remanescente, ou vender a totalidade da produção. Este regime permite ainda que entidades terceiras explorem o espaço da instalação para uma unidade de microprodução própria, conforme acordo. Para a exploração da unidade de produção é necessário o seu registo e

certificado de exploração, tal como o pagamento da taxa correspondente ao respetivo escalão, conforme Portaria n.º 178/2011, de 29 de abril.

O Decreto-Lei n.º 25/2013, de 19 de fevereiro, procede à alteração do Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de novembro, e do Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de março, alterando o regime jurídico da mini e microprodução no que respeita à sua remuneração e relações comerciais. Desta forma, é obrigada uma das partes da relação comercial de último recurso à celebração de contratos de compra e venda de eletricidade produzida pelos respetivos sistemas, independentemente do regime e tarifas aplicados. Este Decreto-Lei esclarece ainda que no regime geral da miniprodução deverá ser aplicado o preço médio mensal do Operador de Mercado Ibérico de Eletricidade como solução transitável.

Tal como na microprodução, a miniprodução também se distingue:

3.2.2.1. Regime Geral

No regime geral, a remuneração da produção de energia elétrica é regulada pelo regime ordinário para a comercialização de produção de eletricidade.

3.2.2.2. Regime Bonificado

O regime bonificado obedece às mesmas exigências que o regime geral, sendo ainda necessário que as medidas de eficiência energética proporcionem um retorno de 20 KW em 2 anos para o escalão I, de 20 a 100KW em 3 anos para o escalão II e de 100 a 250 KW em 4 anos para o escalão III. Este regime tem a duração de 15 anos, a contar desde o primeiro dia do mês seguinte ao início da produção, exceto se o produtor comunicar a sua intenção de o renunciar, sendo aplicado o regime geral.

Como descrito no Despacho da DGEG, de 26 de dezembro de 2013, a tarifa de referência para a tecnologia fotovoltaica, para o escalão I, é de 106€/MWh. Para o escalão II e III, é remunerado pela tarifa mais alta que resultar das ofertas existentes, com base na tarifa de referência para o escalão I.

3.3. SÍNTESE

Com o objetivo de reduzir o impacto ambiental, promover a exploração de FER e regulamentar esta atividade foram celebrados diversos programas, acordos e legislações.

Atualmente, a maioria dos sistemas fotovoltaicos instalados são para venda de energia à rede, pois esta opção garante um menor prazo de retorno que os sistemas autónomos, como verificado no anexo A.

Para os sistemas de ligação à rede estão previstos os regimes de micro e miniprodução, sendo destintos essencialmente pela tensão existente e pelo espaço disponível para a aplicação de painéis fotovoltaicos. Ambos os regimes são contemplados com um regime de remuneração geral ou bonificado, pretendendo este último incentivar esta atividade. É nos sistemas de ligação à rede, pelo regime de remuneração geral, que o sistema será dimensionado.

É neste sentido de eficiência energética que se propõe a análise da sua aplicabilidade no contexto policial, nomeadamente na PSP.

PARTE II – DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

CAPÍTULO 4 – APLICAÇÃO NA POLÍCIA DE SEGURANÇA PÚBLICA

4.1. INTRODUÇÃO

Para a aplicação de sistemas fotovoltaicos devem ser analisados determinados fatores como: localização geográfica, radiação solar do local, espaço disponível, obstáculos envolventes, sombreamento, tipologia de terreno ou do edifício, consumo anual de eletricidade, potência contratada com o fornecedor e localização do contador de eletricidade. Só através desta análise é que será possível dimensionar a aplicação do sistema fotovoltaico e melhorar a sua rentabilização.

Para a projeção da instalação de um sistema, devem ser consideradas não só as perdas de um painel, mas também, e como já referimos anteriormente, a rotação da Terra e a posição do Sol em relação à mesma, sendo necessário definir a altura solar, “ângulo entre o raio solar e a projeção da mesma sobre o plano horizontal.” (Andrade, 2012, p. 5). Pela impossibilidade de preservar o ângulo entre a radiação e o painel a 90°, todo o dia e ano, de forma a obter a maximização do potencial dos painéis, habitualmente é utilizada uma posição fixa intermédia, tendo em conta que no verão existe uma intensidade de radiação superior à do inverno (Casalinho, 2008). A posição solar vai determinar a posição e direção dos painéis, por forma a evitar o sombreamento dos mesmos, maximizando a radiação absorvida e otimizando o espaço disponível.

No dimensionamento de um sistema fotovoltaico deve ainda ser previsto as proteções que interrompam a operação do sistema em caso de se verificar o incorreto funcionamento do mesmo. Estas proteções podem decorrer da aplicação de fusíveis nas extremidades das fileiras, interruptor que isole uma ou mais fileiras (que permitam a redução de prejuízo em casos de manutenção ou funcionamento incorreto do mesmo) e disjuntor à saída do inversor.

4.2. OBJETO E OBJETIVOS DO CASO PRÁTICO

Para o estudo exploratório do assunto em análise, foram previstos sistemas de ligação à rede por ser uma opção que exige menos componentes para a sua instalação, e não ser necessário o armazenamento de energia produzida uma vez que o enquadramento legal para o autoconsumo ainda se encontra em revisão.

Desta forma, a utilização de um sistema de ligação à rede apresenta-se como um sistema mais simples e economicamente viável, conforme verificável no exemplo de

orçamento, no anexo A, no qual se confirma que um sistema autónomo tem custos elevados e aumenta a estimativa do tempo de retorno do investimento para cerca de 20 anos. De referir que no exemplo do orçamento só estão previstas as baterias aplicadas na instalação do sistema, sendo necessária a sua substituição pelo menos um vez atendendo a que é expectável que tenham um ciclo de vida útil de dez a 15 anos.

O regime de ligação à rede utilizável será o de microprodução porque o espaço existente para a instalação do sistema nas esquadras alvo, não permitem a instalação de um número de painéis suficiente para a utilização do regime de miniprodução.

Uma vez que o regime da microprodução em regime bonificado está definido para 66€/MWh, durante o primeiro período e de 145€/MWh, no segundo período, e o regime geral é fundamentado no custo de compra de energia aplicado pelo fornecedor, estando definido para 2014 em 142€/MWh, o regime mais compensatório é o regime geral.

Não foi equacionada a utilização de um sistema de seguimento solar por, embora possibilitar um aumento da produção, resultar num incremento do custo de investimento (variável conforme cada situação) e manutenção, num maior consumo de energia e num risco acrescido para a integridade do sistema. Além destes fatos, esta aplicação exige uma análise de técnicos especializados, podendo o seu custo variar conforme as necessidades de cada caso.

4.3. METODOLOGIA

Do universo de 73 esquadras genéricas da PSP do COMETLIS, foi possível distinguir as mesmas em 33 integradas e 40 destacadas, diferenciadas essencialmente pelo concelho e comarca judicial a que pertencem. Destas, foram escolhidas de forma aleatória 2 esquadras de cada natureza para avaliar a sustentabilidade da aplicação da tecnologia fotovoltaica às mesmas, sendo estas:

- Integradas: 12.^a Esquadra, Olaias e 14.^a Esquadra, Chelas.
- Destacadas: 69.^a Esquadra, Mem Martins e 70.^a Esquadra, Loures.

Numa primeira fase apresentamos o dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos para as esquadras referidas, e numa segunda fase será analisada a sustentabilidade através de indicadores económico-financeiros, não sendo prevista a imposição do IVA uma vez que a PSP poderá deduzir o mesmo.

Atualmente, no mercado, existem diversos *softwares* para a simulação de sistemas fotovoltaicos, permitindo resolver de forma eficaz e eficiente todas as questões de dimensionamento de um sistema. Este executa as diversas simulações com base em dados e

previsões meteorológicas, permitindo a otimização do sistema de forma a reduzir o sombreamento e dimensionar o sistema reduzindo as perdas. Para o presente dimensionamento, foi utilizado o *software* Kostal, por ser a marca do inversor mais utilizado, proposto pelos orçamentos solicitados pela sua relação de preço/qualidade.

Após o dimensionamento do sistema, foram solicitados a diversas empresas orçamentos, tendo respondido duas, com base no caderno de encargos (apêndice K). Por se tratar de duas empresas com orçamentos semelhantes, a elaboração do estudo foi efetuada através da média dos mesmos.

Para o estudo da sustentabilidade do sistema e suas variáveis foi utilizado o *software* Microsoft Office Excel 2013.

4.4. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Para o dimensionamento do sistema é necessário efetuar um estudo do local da instalação, por forma a avaliar as condições existentes e analisar qual a solução mais favorável ao local, potenciando o sistema e reduzindo o investimento necessário.

Para analisar o local de instalação é necessário recorrer às plantas do mesmo, averiguando o tipo e dimensões da cobertura para verificar a quantidade de painéis possíveis de instalar e estrutura necessária, avaliar consumos anuais e potência contratualizada para determinar o tipo de inversor a aplicar e conhecer a localização de contadores de eletricidade, com o fim de avaliar a cablagem mínima e o local de instalação do contador de compra e venda.

Conforme o Decreto-Lei n.º 118-A/2010, é necessário que o contador de venda esteja colocado no limite da propriedade e voltado para a via pública, com livre acesso. Ou seja, os contadores localizados no interior dos edifícios poderão ser alvo de mudança para o exterior, para ficarem juntos aos contadores de venda. Porém, pelo fato dos mesmos se encontrarem localizados em local de acesso permanente ao público, a alteração dos contadores não foi considerada. Esta localização tem também vantagens na perspetiva da segurança.

Deverá ser estimado o sombreamento sobre o sistema fotovoltaico a ser instalado, analisando as diversas possibilidades, permitindo estimar a produção. Estes sombreamentos podem ser distintos entre:

- Sombreamento temporário – Momentaneamente provocado pelas condições do meio ambiente;

- Sombreamento em consequência da localização – Resultado da projeção da envolvente do edifício; e
- Sombreamento produzido pelo edifício – Provocado pelo próprio edifício (Santos, 2011).

Após analisar a altura solar nos diversos momentos, é possível projetar o sombreamento, a direção e a inclinação ótima para a instalação dos painéis.

Para a instalação dos painéis nos diversos casos foi sugerida a utilização de uma estrutura em alumínio para fixação em telhados inclinados e coberturas planas, com inclinação ótima de 30° e direção sul, conforme a relação de energia produzida com as diversas orientações e inclinações na figura 4:

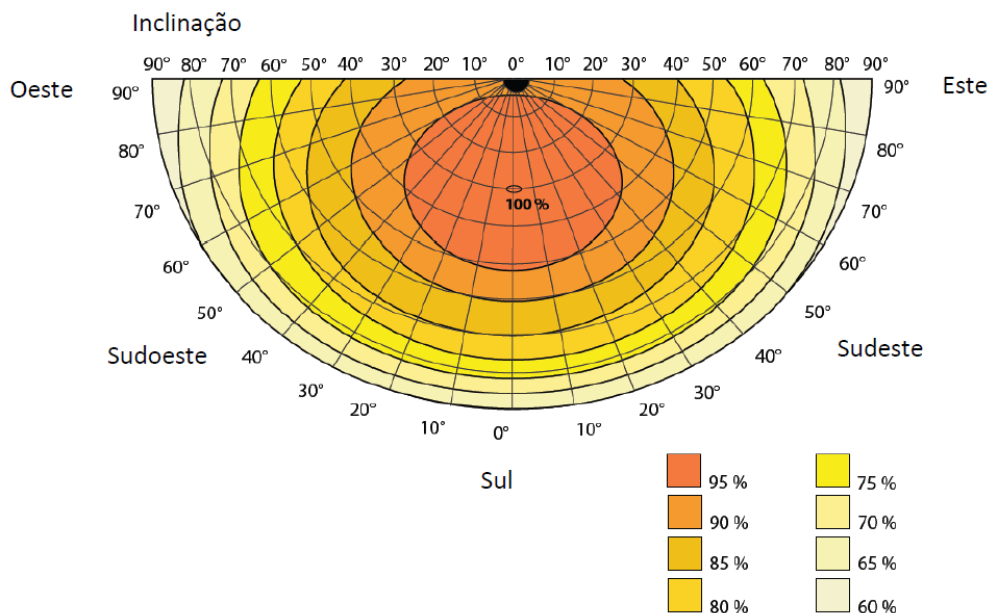


Figura 4: Relação da Energia Produzida com a Inclinação e Orientação do Painel (sem fonte)

Na escolha dos módulos e inversores, deve ser observado que, embora existam inúmeras opções, é necessário conjugar os mesmos, entre eles e com as condições climáticas expectáveis, para obter o melhor rendimento possível e a preservação do sistema, pois, a tensão mínima e máxima nos terminais de fileira deverá corresponder à potência máxima do inversor, podendo esta sofrer variações devido à temperatura ambiente.

Para os presentes sistemas foram escolhidos módulos de células de silício monocristalino, de marca *Open Renewables* de 260 Wp. Estes são compostos por 60 células, indicados para instalações de ligação à rede, pelas gamas de tensão apresentadas, e pela facilidade de composição de fileiras. Estes módulos de primeira geração apresentaram

melhor eficiência de conversão que os de segunda e custo substancialmente inferior aos de terceira geração, resultando numa melhor relação de preço e eficiência.

Com base nos pressupostos referidos, foram atribuídos: 27 módulos para a 12.^a Esquadra de Olaias; 27 módulos para a 14.^a Esquadra de Olaias; 27 módulos para 69.^a Esquadra de Mem Martins; 18 módulos para a 70.^a Esquadra de Loures.

A escolha do inversor deverá ter em conta a potência dos módulos e número de fileiras, podendo existir: Inversor central, múltiplos inversores, inversores por fileira ou por módulo. Para um sistema com orientação e inclinação uniforme e sem sombreamentos, com potências até 5KW, poderá utilizar-se apenas um inversor, sendo mais fiável utilizar vários inversores em sistemas com potência superior (Santos, 2011).

De referir que, por os sistemas fotovoltaicos necessitarem de pouca manutenção, os orçamentos não incluem a mesma, uma vez que os custos de manutenção são diminutos em comparação com os valores envolvidos, sendo o seu impacto irrelevante nos cálculos e estimativas apresentados. No entanto, inclui a garantia dos fabricantes de dez anos para qualquer defeito de fabrico e é recomendada uma manutenção anual que englobe a limpeza do mesmo e a verificação da existência de danos ou estado de deterioração no sistema ou estrutura de suporte.

Embora seja possível solicitar serviços para obter um relatório semestral referente ao completo funcionamento do inversor, o mesmo não será necessário atendendo à possibilidade de monitorização do sistema de forma contínua, pois, os inversores propostos possibilitam esta monitorização através da internet, permitindo ainda, através do registo no portal do fabricante, a visualização da produção diária, mensal ou anual, criando um histórico do desempenho do sistema.

Para calcular a 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.

4.5. SUSTENTABILIDADE DA APLICAÇÃO

Após a análise das referidas possibilidades, os orçamentos solicitados incluem cablagem necessária, contador de produção, estruturas de fixação de módulos e quadro de proteção. Após a observação dos mesmos, nos apêndices A a D, é possível determinar a avaliação económica dos diversos sistemas.

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: $(\text{Receita} - \text{Custo do investimento}) / \text{Custo dos bens vendidos}$.

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

Tabela 1: Análise dos orçamentos para as diversas esquadras.

Como é possível verificar, o custo da aplicação dos sistemas referidos variam entre os 11.475 e os 13.949 euros, sendo o *payback* de oito a 11 anos e meio. Ou seja, é expectável 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.^a 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.

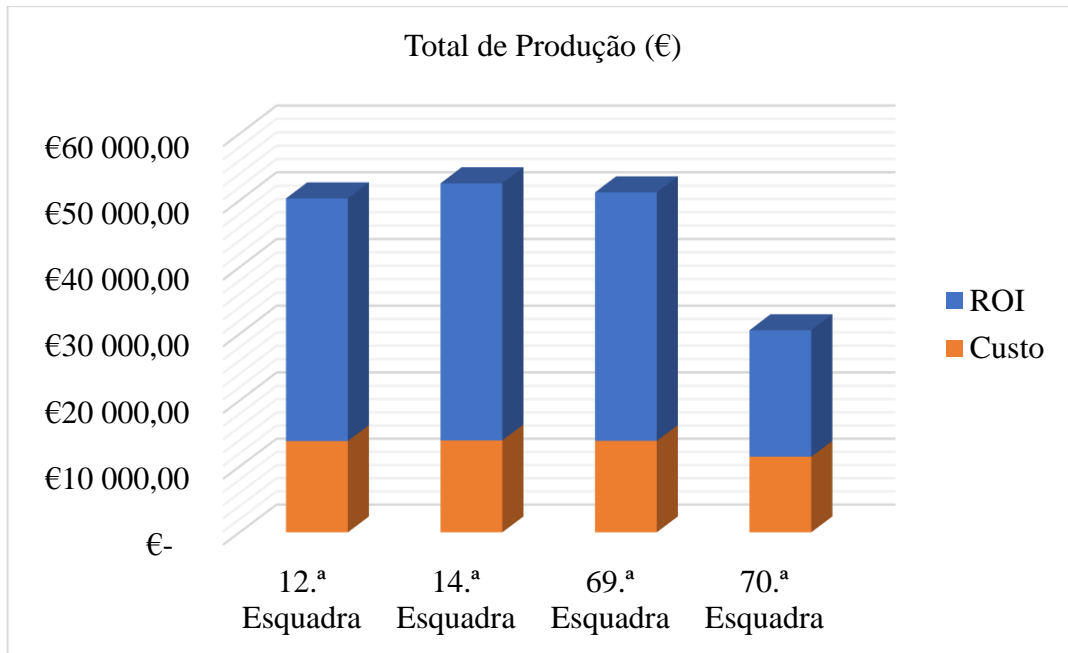


Gráfico 3: Total de Produção – Custo vs. Retorno sobre o Investimento

No gráfico anterior 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.ª 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.

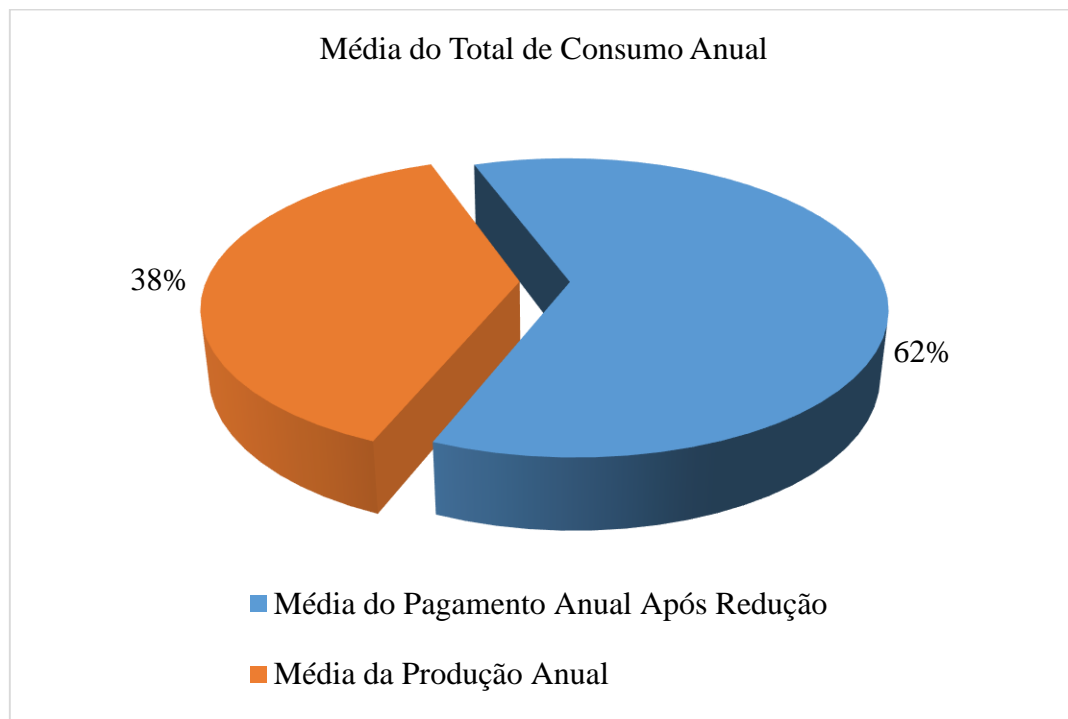


Gráfico 4: Média da Redução do Consumo vs. Média da Produção

Como é verificável no gráfico 4, 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.

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 %.

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

Tabela 2: Análise dos indicadores VAL e TIR

Pela análise da tabela 2, é possível verificar que todos os VAL são superiores a zero, logo o investimento pode ser considerado viável, pois permite um retorno sobre o investimento de 3.813,14 € a 12.362,92 €.

A análise do TIR deverá ter por comparação a taxa utilizada de 5,65 %, 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.

Com vista à atualização dos fluxos de caixa, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\frac{\text{Produção do ano}}{(1 - Taxa)^{ano}}$$

Pela análise do apêndice L é possível concluir que, em média, é possível um retorno do investimento em 12 anos e nove meses.

4.6. SÍNTESE

Para o dimensionamento dos sistemas é necessário analisar diversos fatores e as opções existentes no mercado, permitindo o dimensionamento dos sistemas de ligação à rede, em regime geral, estando definida a tarifa para 2014 em 142€/MWh.

Com base nas condições existentes foi dimensionada a instalação de 27 módulos fotovoltaicos de células de silício monocristalino para a 12.^a esquadra, 27 para a 14.^a esquadra; 27 para a 69.^a esquadra e 18 para a 70.^a esquadra, com inclinação ótima de 30° e com direção sul. Para a 70.^a Esquadra foi selecionado um inversor SMA com apenas duas entradas MPPT por forma a suportar a configuração existente, enquanto para as restantes esquadras, foi selecionado um inversor Kostal com três entradas MPPT, permitindo ligar três fileiras de modo isolado, maximizando a produção de energia.

Para o estudo da sustentabilidade 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 retorno do mesmo 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.

Pela análise dos 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 %.

Contudo, será importante determinar as condicionantes que poderão ter influência sobre os resultados obtidos.

CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DE VARIÁVEIS

5.1. INTRODUÇÃO

Para este estudo exploratório foi necessário examinar 16 variáveis com o propósito de analisar a influência da variável tipo de esquadra para os resultados obtidos no dimensionamento do sistema. Pretende-se ainda, avaliar as restantes variáveis a fim de classificar as diferentes esquadras e dividi-las em grupos conforme as suas diferenças e semelhanças.

5.2 METODOLOGIA

Para o estudo das variáveis, recorreremos à análise por *clusters* por ser um método estatístico indutivo, utilizado para classificar e relacionar igualdades e diferenças de forma isenta. Contudo, é necessário construir regras de utilização, pois a relação dos agrupamentos poderá variar conforme o objetivo do investigador (Punj & Stewart, 1983). Para a aplicação deste método foi utilizado o *software* Statistical Package for the Social Sciences, versão 20, também designado por IBM SPSS.

Através da análise de *clusters* é possível agrupar indivíduos, neste caso as esquadras, conforme as variáveis utilizadas de forma a relacionar as diferenças e semelhanças, sem qualquer dependência entre variáveis. Para a utilização deste método é necessário selecionar os indivíduos ou amostra de indivíduos, definir um conjunto de variáveis, definir uma medida de semelhança, escolher um dos critérios de agregação e validar os resultados obtidos (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 (Reis, 2001).

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

5.2. DESCRIÇÃO DE VARIÁVEIS

Para a análise de *clusters* é necessário a seleção de 2^4 , ou seja, 16 variáveis. Das analisadas para o objeto de estudo, seleccionámos as seguintes: 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, conforme o apêndice F.

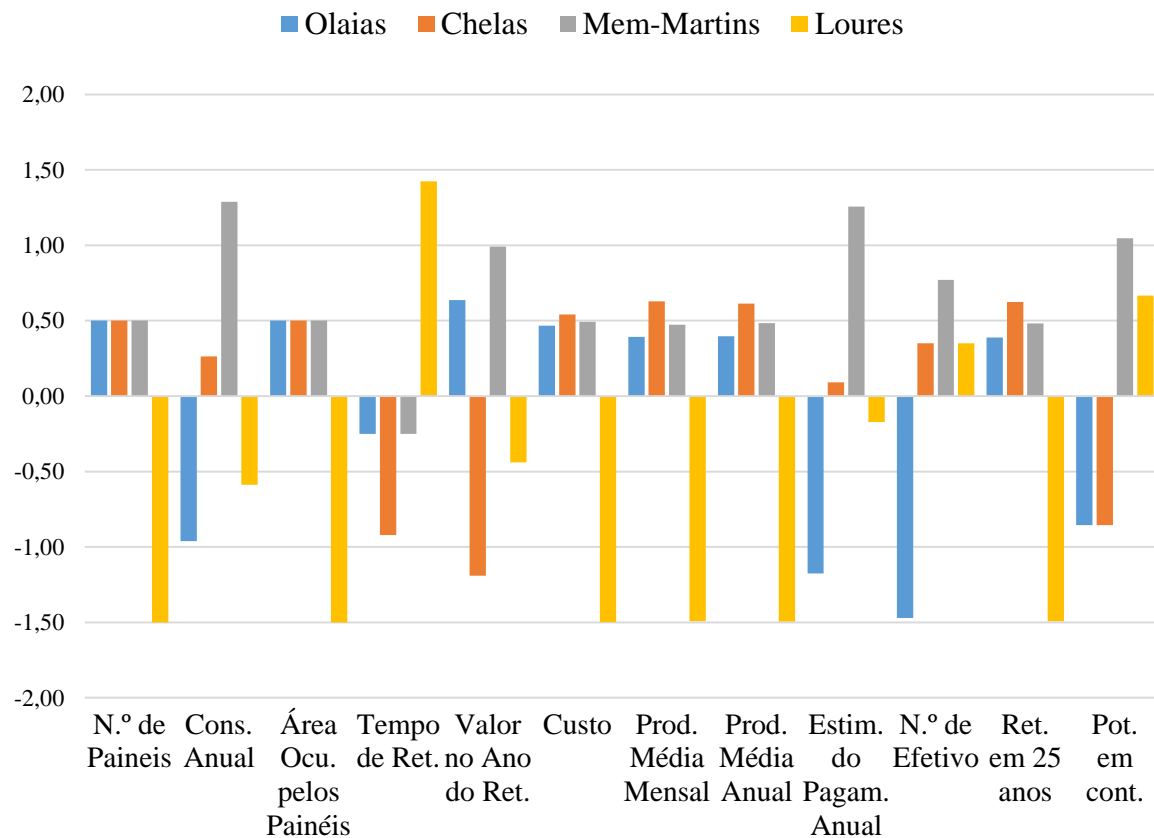


Gráfico 5: Resultado da estandardização das variáveis em estudo.

Através da estandardização das variáveis, apresentada no gráfico anterior, 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 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.

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.

Apesar de algumas das variáveis testadas apresentarem resultados diferentes, as opções apresentadas no apêndice J variam apenas na distância entre os grupos. Logo, não é possível considerar os agrupamentos como naturais, pois os resultados podem se alterar conforme as variáveis escolhidas.

		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 %		

Tabela 3: Caracterização das variáveis.

Conforme a tabela anterior, 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 G 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 fato 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.

5.3. ANÁLISE DE VARIÁVEIS

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*.

Conforme a representação da figura seguinte, é possível verificar que podem ser agrupadas de três formas:

- Dois *clusters*: em que um é composto pela 70.^a Esquadra, Loures, e o outro pelas restantes;
- Três *clusters*: em que a 70.^a Esquadra, Loures, compõe o primeiro, a 12.^a Esquadra, Olaias, constitui o segundo e o terceiro é formado pelas restantes; e
- Quatro *clusters*: em que cada esquadra corresponde a um agrupamento.

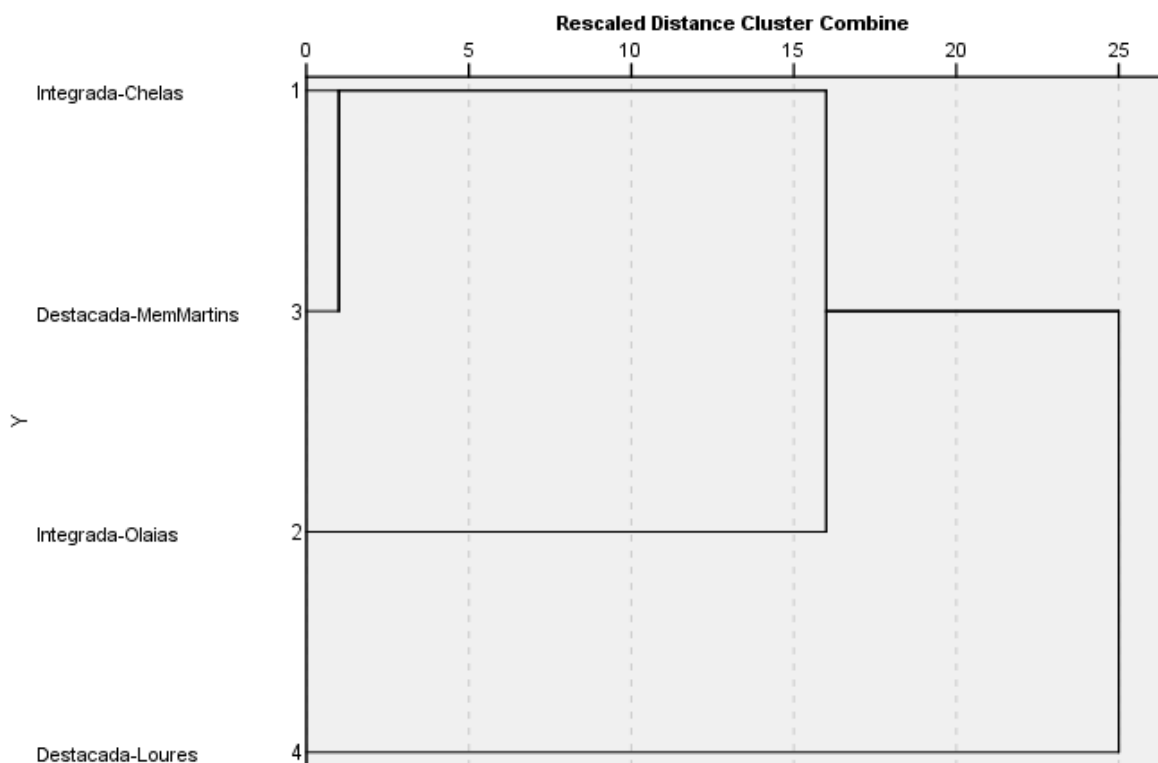


Figura 5: Dendrograma de análise utilizando o método hierárquico

Como conferido no apêndice I e na tabela 3 e 4, os resultados dos agrupamentos utilizando critérios diferentes são semelhantes, pelo que se poderá concluir que foram constituídos agrupamentos naturais.

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	3	2,857	0	0	2
2	1	2	3,556	1	0	3
3	1	4	3,951	2	0	0

Tabela 4: Agenda de agrupamento pelo critério do Vizinho Mais Próximo.

Pela tabela anterior é possível verificar que ao longo das fases de combinações de *clusters* a esquadra 1, Chelas, está presente em todas as fases agrupando-se primeiramente com a esquadra 3, Mem-Martins, uma vez que a sua distância, definida por intermédio do quadrado da distância euclidiana, é a menor 2,857. Na segunda fase, com a esquadra 2, Olaias, e por último com a esquadra 4, Loures, sendo que as restantes esquadras nunca se repetem.

	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

Tabela 5: *Cluster* final

Como é possível verificar na tabela anterior, 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 H, permite obter a escolha do número de *clusters* mais apropriada à realidade, através do cálculo dos coeficientes de determinação, R^2 (Pestana & Gageiro, 2008). O cálculo deste coeficiente pode ser feito através da seguinte fórmula:

$$R^2 = \frac{\sum SS \text{ Between Groups}}{\sum SS \text{ Total}}$$

Análise da *One-Way* ANOVA com dois *clusters*:

$$R^2 = \frac{893163,572 + 6,021 + 64066,315}{5809212,924 + 6,688 + 4857422,546}$$

$$R^2 = \frac{957235,908}{10666642,158} \sim 0,0897$$

$$R^2 \sim 0,0897$$

Análise da *One-Way* ANOVA com três *clusters*:

$$R^2 = \frac{4790334,799 + 6,188 + 3759438,379}{5809212,924 + 6,688 + 4857422,546}$$

$$R^2 = \frac{8549779,366}{10666642,158}$$

$$R^2 \sim 0,8015$$

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.

	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
Consumo Anual em Euro	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

Tabela 6: Análise da ANOVA.

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.

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.

Em qualquer uma das variáveis, Consumo Anual em Euro ($F(2) = 8,065$, $pvalue = 0,105$), Tempo de retorno ($F(2) = 1,690$, $pvalue = 0,323$) e redução do pagamento anual ($F(2) = 3,076$, $pvalue = 0,222$) as variâncias são homogêneas, com $\alpha = 0,05$.

5.4. VALIDAÇÃO DA ANÁLISE

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 reduzido, foi efetuada a mesma análise com um método de agregação diferente, ou seja não hierárquico.

Número de caso	Tipo de Esquadra	Cluster	Distancia
1	Integrada-Chelas	3	0,845
2	Integrada-Olaias	2	0,000
3	Destacada-Mem-Martins	3	0,845
4	Destacada-Loures	1	0,000

Tabela 7: Identificação dos agrupamentos com o método *K-means*

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. Após a análise pelo método *K-means*, com três *clusters*, é possível analisar na tabela anterior, os agrupamentos distintos da seguinte forma:

- 1.º Cluster: 70.ª Esquadra, Loures;
- 2.º Cluster: 12.ª Esquadra, Olaias;
- 3.º Cluster: 14.ª Esquadra, Chelas e 69.ª Esquadra, Mem-Martins.

5.5. SÍNTESE

Para o presente estudo exploratório foram analisadas 16 variáveis, por forma a verificar a existência de influência no facto de uma esquadra ser integrada ou destacada.

Foi utilizado o *software* IBM SPSS, versão 20, e para analisar e classificar as variáveis, selecionando as seguintes, pelos valores de média e desvio padrão apresentados: tipo de esquadra (*Label Case*), consumo anual em euros, *payback* e o valor estimado para o consumo anual após a aplicação do sistema.

Através do agrupamento das esquadras pelo método hierárquico, utilizando o critério do vizinho mais próximo, foi possível organizar as mesmas por três grupos diferentes, devendo referir-se que a escolha das variáveis teve influência na distribuição por esses grupos. Para a validação da referida classificação, foi utilizado o método K-means que permite o agrupamento das esquadras, 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, averiguando a utilização de dois ou três *clusters* para melhor se adequar à realidade existente. Com isto, foi determinada a utilização de três *clusters*, permitindo determinar com o auxílio da análise hierárquica a divisão pelos três clusters: o primeiro é composto pela 70.^a Esquadra, Loures; a 12.^a Esquadra, Olaias, constitui o segundo; e o terceiro é formado pelas restantes.

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.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica, nas últimas décadas, tem sido alvo de grandes desenvolvimentos quer devido a uma enorme exigência económica, quer devido a uma maior consciencialização da sociedade envolvente. Desta forma, este tipo de energia tem-se vindo a apresentar como uma tecnologia promissora, pelo seu desempenho cada vez mais eficaz, eficiente e com aplicações diversas que vão desde a simples utilização numa cobertura de um edifício até à substituição de vidros e janelas por painéis fotovoltaicos semitransparentes.

Embora Portugal tenha estabelecido incentivos para o mercado das energias renováveis, em especial do mercado fotovoltaico, através da fixação de tarifas bonificadas, subsídios e redução de impostos na aquisição, essas regalias foram eliminadas no ano 2012, como resultado da crise económico-financeira que o país atravessa. Porém, a instalação de sistemas de produção de energia elétrica através das FER, continua a ser visto como investimento com resultados positivos e deverá ser encorajada, não só pelo aspeto financeiro, como pela redução de gases de efeito de estufa prejudiciais para o meio ambiente.

Apesar da existência de grande diversidade de sistemas existentes, o de ligação à rede ainda é o que se apresenta como a opção mais viável e segura, na medida em que, os sistemas autónomos têm um custo acrescido pela necessidade de utilização de baterias e os sistemas de autoconsumo ainda não estão devidamente regulamentados para se obter uma aplicação prática fiável.

6.2. CONFIRMAÇÃO DOS OBJETIVOS

Tendo em vista o objetivo geral deste estudo, foi verificada a exequibilidade e sustentabilidade da instalação de painéis solares fotovoltaicos nas esquadras designadas do COMETLIS.

Conforme os objetivos específicos definidos, foram descritas as tecnologias existentes para a conversão da radiação solar em eletricidade, podendo distinguir as mesmas em convencional de 1ª geração, 2ª geração e 3ª geração.

A aplicação de painéis fotovoltaicos apresenta diversas potencialidades como:

- A utilização de uma fonte de energia com uma longa expectativa de vida, sem quaisquer emissões ou desperdícios que contribuam para a poluição ambiental;
- Permite uma redução de perda de energia por a produção ser consumida, por norma, nas imediações da produção e diminui a exigência da RESP;

- Custo reduzido de funcionamento e manutenção;
 - Os módulos têm um tempo de vida útil de aproximadamente 25 anos;
 - A instalação dos sistemas é simples e permite que seja efetuada em qualquer tipo de edifício, novo ou não. Sendo possível a substituição de materiais de construção, permitindo novas possibilidades arquitetónicas e possíveis reduções de custos de construção; e
 - Promove o aproveitamento de espaços para obtenção de novos rendimentos.
- Como principais limitações, podemos considerar:

- Os custos associados à instalação dos sistemas são relativamente elevados;
- A fonte de poluição associada à produção destes sistemas;
- A tecnologia fotovoltaica ainda apresenta pouca eficiência na transformação de radiação solar em energia elétrica;
- Ausência de produção durante os períodos da noite; e
- As soluções para funcionamento autónomo poderão não ser viáveis, quer por a produção ser inconstante, como por o período de produção não corresponder ao período de maior consumo;

Após o estudo dos fatores necessários para o dimensionamento de sistemas nas diversas esquadras, o mesmo foi efetuado tendo em vista os sistemas de ligação à rede em regime geral.

Com base nas condições existentes foi prevista e verificada a exequibilidade da aplicação de um total de 99 módulos fotovoltaicos de células de silício monocristalino para a 12.^a Esquadra, Olaias, 14.^a Esquadra, Chelas, 69.^a Esquadra, Mem-Martins e 70.^a Esquadra, Loures. De acautelar que a aplicação na 12.^a Esquadra, Olaias, estará dependente da autorização da administração do condomínio do edifício onde está integrada.

Na análise da sustentabilidade económica da aplicação destes painéis foi possível calcular que, em média, têm um custo de 13.293,50 euros, produzindo energia suficiente para obter um *payback* num prazo médio de nove anos e quatro meses. Sendo ainda possível obter um retorno de 32.853,91 euros após os 25 anos de expectativa de vida do sistema.

Examinando cada uma das esquadras, verificamos que a 12.^a Esquadra tem um *payback* de nove anos, obtendo um retorno nesse período de 1.496,57 euros; a 14.^a Esquadra obtém um retorno de 224,89 euros aos oito anos; a 69.^a Esquadra, com um retorno de 1.743,27 euros em nove anos; e a 70.^a Esquadra com um *payback* de onze anos e meio, verifica um retorno de 746,73 euros até essa data.

A análise do VAL e TIR permite ainda validar a sustentabilidade da aplicação desta tecnologia, permitindo um retorno do investimento, em média, em 12 anos e nove meses.

A partir de outra perspetiva, é possível aferir pela média do consumo anual e pela média de produção anual, que o investimento pode se traduzir numa redução do pagamento anual de 1.854,27 euros, ou seja, 38 % do consumo anual.

Após o estudo das variáveis selecionadas através do método hierárquico é possível afirmar que, embora as esquadras integradas analisadas apresentem valores mais consensuais, verificado pela média e desvio padrão, o tipo de esquadra não apresenta evidência estatística para determinar a respetiva dependência.

6.3. RESPOSTA AO PROBLEMA DA INVESTIGAÇÃO

Após a observação da sustentabilidade da aplicação, é possível calcular que a 12.^a Esquadra, Olaias, com uma média de custo de aplicação 13.860 euros poderá produzir 50.293,20 euros, a 14.^a Esquadra, Chelas, com média de custo 13.949 euros poderá gerar 52.558,66 euros, a 69.^a esquadra, Mem-Martins, com média de custo 13.890 euros poderá produzir 51.199,38 euros e a 70.^a Esquadra, Loures, com uma média de custo 11.475 euros poderá gerar 30.538,39 euros.

Uma vez que uma amostra de quatro esquadras não é suficiente para generalizar os resultados do universo de 73 esquadras do COMETLIS, será apenas possível afirmar que a aplicação de painéis solares fotovoltaicos nas esquadras referidas é economicamente sustentável.

6.4. CONCLUSÃO FINAL

A energia solar fotovoltaica, apesar de estar ainda em desenvolvimento, 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.

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.^a Esquadra, Loures, é a que apresenta valores mais distintos da média. Este fato 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 fato 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 são indicados 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 que melhore a eficiência dos seus equipamentos e se reduzam os 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.

6.5. RECOMENDAÇÕES

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:

- Procurar a eficiência energética através de uma utilização racional de energia elétrica;
- Instalação de sistemas de produção de energia com base nas FER, embora a amostra de quatro esquadras não permita a generalização de resultados; e
- 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.

6.6. LIMITAÇÕES DA INVESTIGAÇÃO

O presente estudo apresenta algumas limitações:

- Limitação ao nível da amostra de esquadras do COMETLIS, dado que eram necessárias diversas informações relativas às esquadras, algumas revelaram-se de difícil obtenção pela dependência de entidades externas, nomeadamente a obtenção de plantas dos edifícios junto das Câmaras Municipais;
- Limitação ao nível da amostra de esquadras de outros comandos, uma vez que as esquadras tratadas pertencem ao COMETLIS;
- 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.^a Esquadra, Loures, apenas possuir registo a partir de 2010;
- Por a utilização do sistema de autoconsumo ainda não estar devidamente regulado, não foi equacionada a sua utilização, optando-se por utilizar sistemas de ligação à rede.

6.7. INVESTIGAÇÕES FUTURAS

Como possibilidades de investigações futuras, destacamos:

- A análise da sustentabilidade de aplicação de painéis solares fotovoltaicos utilizando sistemas de autoconsumo;
- A análise quantitativa dos efeitos ambientais e sociais da aplicação destes sistemas;
- A análise da sustentabilidade de aplicação da conjugação de sistemas que utilizem FER diferentes; e
- A generalização de resultados, através da inclusão de esquadras dos diferentes comandos;

BIBLIOGRAFIA

- Andrade, E. E. (2012). *Metodologia de implementação e avaliação de sistemas solar térmico e fotovoltaico: estudo de caso*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Mestrado de Energias Renováveis – Conservação e Utilização Sustentáveis. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa.
- Applied-Solar. (Janeiro.2014). *Applied Solar Technology*. Obtido de <http://www.applied-solar.info/solar-energy>
- Awomewe, A. F., & Ogundele, O. O. (2008). *The Importance of the Payback Method in Capital Budgeting Decision*. Thesis for the Master's degree in Business Administration. Karlskrona, Suécia: Blekinge Institute of Technology.
- Badescu, V. (2008). *Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface*. Romania: Springer.
- Bahaj, A. S. (2002). *Means of enhancing and promoting the use of solar energy*. Renewable Energy, 97-105.
- Batista, A. C. (2008). *A Cidade do Futuro: Que Sustentabilidade?*, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Arquitectura. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Calais, F. J. (2011). *Estudo comparativo de três tecnologias fotovoltaicas*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Casalinho, J. (2008). *Rendimento de painéis solar térmicos poliméricos unglazed e glazed*. Dissertação para grau de Mestre em Engenharia Física. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Castro, R. (2011). *Uma Introdução às Energias Renováveis: Eólica, Fotovoltaica e Mini-Hídrica*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Conselho de Ministros, 20 de Março de 2011. *Portugal 2020 – Programa Nacional de Reformas*. Aprovado em conselho de ministros.
- Cruz, J. (2008). *Ocean wave energy: current status and future perspectives*. *Green Energy and Technology*. Berlim: Springer.
- Cruz, J., & Sarmiento, A. (2005). *Energia das Ondas*. Alfragide: Instituto do Ambiente.
- Decreto-Lei n.º 118-A/2010, de 25 de outubro. *Diário da República n.º 207/2010 – I.ª Série*. Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento.
- Decreto-Lei n.º 189/88, de 27 de maio. *Diário da República n.º 123/88 – 1.ª Série*. Ministério da Indústria e Energia.

- Decreto-Lei n.º 25/2013, de 19 de fevereiro. *Diário da República n.º 35/2013 – 1.ª Série*.
Ministério da Economia e do Emprego.
- Decreto-Lei n.º 312/2001, de 10 de dezembro. *Diário da República n.º 284/2001 – 1ª Série*
A. Ministério da Economia.
- Decreto-Lei n.º 33-A/2005, de 16 de fevereiro. *Diário da República n.º 33/2005 – 1ª Série*.
Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho.
- Decreto-Lei n.º 339-C/2001, de 29 de dezembro. *Diário da República n.º 300/2001 – 1ª Série*
A. Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho.
- Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de março. *Diário da República n.º 47/2011 – 1.ª Série*.
Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento.
- Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de novembro. *Diário da República n.º 211/2007 – 1.ª Série*.
Ministério da Economia e da Inovação.
- Despacho da DGEG, de 26 de dezembro de 2013. Ministério do Ambiente, Ordenamento do
Território e Energia.
- Dinçer, F. (2011). *The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and
policies of the leading countries in solar energy*. Renewable and Sustainable Energy
Reviews, 713-720.
- Dincer, I. (2000). *Renewable energy and sustainable development: a crucial review*.
Renewable and Sustainable Energy Reviews, 157-175.
- Direcção Geral de Energia e Geologia. (Janeiro.2014). *Direcção Geral de Energia e
Geologia* . Obtido de <http://www.dgeg.pt/>
- Directiva 2010/31/CE, de 19 de Maio. *Relativa ao desempenho energético de edifícios
(reformulação)*. Jornal Oficial da União Europeia n.º L153/13-L153/35. Parlamento
Europeu e do Conselho.
- Diretiva Comunitária n.º 2001/77/CE, de 27 de Setembro. *Relativa à promoção da utilização
de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes*. Jornal
Oficial da União Europeia n.º L123/42. Parlamento Europeu e do Conselho.
- EDP. (Dezembro.2013). *O novo paradigma energético*. Obtido de
[http://www2.unesa.es/informes_actualidad/elecpor/IVelecpor/4_PedroNevesFerreir
a.pdf](http://www2.unesa.es/informes_actualidad/elecpor/IVelecpor/4_PedroNevesFerreira.pdf)
- Electric Power Research Institute (1990). *Bringing Solar Electricity to Earth*. Electric Power
Research Institute.
- Estanqueiro, A. (2005). *Aproveitamento do Potencial Eólico Sustentável em Portugal*.
Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial.

- Eurostat. (Janeiro.2014). *European Commission – eurostat* Obtido de <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/>
- Evans, A., Strezov, V., & Evans, T. J. (2009). *Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1082-1088.
- Freitas, S. S. (2008). *Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos*, Relatório de projecto de Mestrado. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança.
- Green Pro. (2004). *Energia Fotovoltaica Manual sobre tecnologias, projecto e instalação – Manual GreenPro*. Fairfax. GreenPro.
- Green Pro.(2009). *Manual Solar Térmico*. Fairfax. GreenPro.
- Guo, S. (Setembro.2012). *A Hybrid Photovoltaic – Thermal Energy Solar System*. A Thesis in Candidacy for the Degree of Master of Science in Mechanical Engineering and Mechanics. Estados Unidos da América: Lehigh University.
- Harrington, J. D. (Fevereiro.2014). *NASA*. Obtido de 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.
- Hornby, A. S., & Vários. (2010). *Oxford Advanced Learner's Dictionary*, 7th Edition. Oxford.
- John saves energy. (Janeiro.2014). *How to Save Energy and Money without Sacrificing Convenience and Luxury*. Obtido de <http://www.johnsavesenergy.com/>
- Komp, R. J. (1984). *Practical Photovoltaics: Electricity from Solar Cells*. Sabre: AatecPublishing.
- Lei n.º 67-A/2007, de 31 de dezembro. *Diário da República n.º 251 – 1.ª Série*. Assembleia da República.
- Leote, R. (2009). *Electrificação de serviços primários em povoados remotos africanos recorrendo a sistemas solares fotovoltaicos (PV) – Dissertação de Mestrado*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova.
- Madeira, A. S. (2010). *Integração de Painéis Solares Térmicos – Soluções de Pós-Construção*, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge: Cambridge University Press.

- National Renewable Energy Laboratory. (Fevereiro.2014). *Learning about renewable energy*. Obtido de http://www.nrel.gov/learning/re_basics.html
- North Carolina State University. (Janeiro.2014). *Sustainability at NC State*. Obtido de <http://sustainability.ncsu.edu/>
- Patrício, T., & Pereira, A. (2013). *SPSS – Guia Prático de Utilização, Análise de Dados para as Ciências Sociais e Psicologia* (8.^a Edição). Lisboa: Edições Sílabo.
- Pestana, M. H., & Gageiro, J. N. (2008). *Análise de Dados para Ciências Sociais , A complementaridade do SPSS* (5^a Edição). Lisboa: Edições Sílabo.
- Portaria n.º 1185/2010, de 17 de novembro. *Diário da República n.º 223/2010 – 1.ª Série*. Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento.
- Portaria n.º 1278/2010, de 16 de dezembro. *Diário da República n.º 242/2010 – 1.ª Série*. Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento.
- Portaria n.º 178/2011, de 29 de abril. *Diário da República n.º 83/2011 – 1.ª Série*. Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento.
- Portaria n.º 431/2012, de 31 de dezembro. *Diário da República n.º 252/2012 – 1.ª Série*. Ministério da Economia e do Emprego.
- Pradhan, A., Jena, C., & Ali, S. (1 de Janeiro de 2013). *Analysis of Solar PV cell Performance with Changing Irradiance and Temperature*. International Journal Of Engineering And Computer Science, pp. 214-220.
- Proença, E. D. (Agosto de 2007). *A Energia Solar Fotovoltaica em Portugal*. Dissertação de Mestrado. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Programme, U. N. (2011). *Bridging the Emissions Gap*. Nairobi, Kenya: UNEP.
- Punj, G., & Stewart, D. (1983). *Cluster Analysis in Marketing Research: Review Cluster Analysis in Marketing Research: Review* . Journal of marketing research, 20, 134-148.
- Reis, E. (2001). *Estatística Multivariada Aplicada* (2.^a Edição). Lisboa: Edições Sílabo.
- Resolução de Conselho de Ministros n.º 63/2003, de 28 de Abril. *Diário da República n.º98/2003 – 1.ª Série-B*. Presidência do Conselho de Ministros.
- Santos, F. F. (Janeiro de 2011). *Utilização de Energia Fotovoltaica para a eficiência energética de uma moradia*, Dissertação para Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Major Energia. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Sarmento, M. (2013). *Guia Prático sobre a Metodologia Científica – para a Elaboração, Escrita e Apresentação de Teses de Doutoramento, Dissertações de Mestrado e*

Trabalhos de Investigação Aplicada (2.^a Edição). Lisboa: Universidade Lusíada Editora.

Singh, B. R., & Singh, O. (2012). *Global Trends of Fossil Fuel Reserves and Climate Change in the 21st Century*. Em S. K. (Ed.), *Fossil Fuel and the Environment* (pp. 167-192). Intech.

Stewart, G. B., Pullin, A. S., & Coles, C. F. (2007). *Poor evidence-base for assessment of windfarm impacts on birds*. *Environmental Conservation*, 34:1-11.

Torcellini, P., Pless, S., & Deru, M. (2006). *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition*. (pp. 1-12). California: US Government and MRI.

Varun, Prakash, R., & Bhat, I. K. (2009). *Energy, economics and environmental impacts of renewable energy systems*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2716-2721.

APÊNDICES

APÊNDICE A: ORÇAMENTO PARA A 12.^a ESQUADRA, OLAIAS

Ano	Produção (kWh)	Tarifa de venda (€/kWh)	Vendas (€)	Vendas acumuladas (€)	Acumulado
					13.860,00 €
1	11.100,00	0,142	1.576,20 €	1.576,20 €	-12.283,80 €
2	10.989,00	0,1463	1.607,25 €	3.183,45 €	-10.676,55 €
3	10.879,11	0,1506	1.638,91 €	4.822,37 €	-9.037,63 €
4	10.770,32	0,1552	1.671,20 €	6.493,57 €	-7.366,43 €
5	10.662,62	0,1598	1.704,12 €	8.197,69 €	-5.662,31 €
6	10.555,99	0,1646	1.737,69 €	9.935,38 €	-3.924,62 €
7	10.450,43	0,1696	1.771,93 €	11.707,31 €	-2.152,69 €
8	10.345,93	0,1746	1.806,83 €	13.514,14 €	-345,86 €
9	10.242,47	0,1799	1.842,43 €	15.356,57 €	1.496,57 €
10	10.140,04	0,1853	1.878,72 €	17.235,30 €	3.375,30 €
11	10.038,64	0,1908	1.915,74 €	19.151,03 €	5.291,03 €
12	9.938,25	0,1966	1.953,48 €	21.104,51 €	7.244,51 €
13	9.838,87	0,2025	1.991,96 €	23.096,47 €	9.236,47 €
14	9.740,48	0,2085	2.031,20 €	25.127,67 €	11.267,67 €
15	9.643,08	0,2148	2.071,22 €	27.198,88 €	13.338,88 €
16	9.546,65	0,2212	2.112,02 €	29.310,90 €	15.450,90 €
17	9.451,18	0,2279	2.153,62 €	31.464,53 €	17.604,53 €
18	9.356,67	0,2347	2.196,05 €	33.660,58 €	19.800,58 €
19	9.263,10	0,2417	2.239,31 €	35.899,89 €	22.039,89 €
20	9.170,47	0,2490	2.283,43 €	38.183,32 €	24.323,32 €
21	9.078,77	0,2565	2.328,41 €	40.511,73 €	26.651,73 €
22	8.987,98	0,2642	2.374,28 €	42.886,01 €	29.026,01 €
23	8.898,10	0,2721	2.421,05 €	45.307,06 €	31.447,06 €
24	8.809,12	0,2802	2.468,75 €	47.775,81 €	33.915,81 €
25	8.721,03	0,2887	2.517,38 €	50.293,20 €	36.433,20 €

Tabela 8: Análise do Orçamento para a 12.^a Esquadra n. °1

Preço (s/ IVA)	Produção Anual (kWh)	Payback (anos)	Retorno no ano de <i>payback</i>	Retorno aos 10 anos	Retorno aos 15 anos	Retorno aos 25 anos
13.860,00 €	11100	9	1.496,57 €	3.375,30 €	13.338,88 €	36.433,20 €

Tabela 9: Análise do Orçamento para a 12.^a Esquadra n. °2

APÊNDICE B: ORÇAMENTO PARA A 14.^a ESQUADRA, CHELAS

Ano	Produção (kWh)	Tarifa de venda (€/kWh)	Vendas (€)	Vendas acumuladas (€)	Acumulado
					13.949,00 €
1	11600	0,142	1.647,20 €	1.647,20 €	-12.301,80 €
2	11.484	0,1463	1.679,65 €	3.326,85 €	-10.622,15 €
3	11.369	0,1506	1.712,74 €	5.039,59 €	- 8.909,41 €
4	11.255	0,1552	1.746,48 €	6.786,07 €	- 7.162,93 €
5	11.143	0,1598	1.780,89 €	8.566,95 €	- 5.382,05 €
6	11.031	0,1646	1.815,97 €	10.382,92 €	- 3.566,08 €
7	10.921	0,1696	1.851,74 €	12.234,67 €	- 1.714,33 €
8	10.812	0,1746	1.888,22 €	14.122,89 €	173,89 €
9	10.704	0,1799	1.925,42 €	16.048,31 €	2.099,31 €
10	10.597	0,1853	1.963,35 €	18.011,66 €	4.062,66 €
11	10.491	0,1908	2.002,03 €	20.013,69 €	6.064,69 €
12	10.386	0,1966	2.041,47 €	22.055,16 €	8.106,16 €
13	10.282	0,2025	2.081,69 €	24.136,85 €	10.187,85 €
14	10.179	0,2085	2.122,70 €	26.259,54 €	12.310,54 €
15	10.077	0,2148	2.164,51 €	28.424,06 €	14.475,06 €
16	9.977	0,2212	2.207,15 €	30.631,21 €	16.682,21 €
17	9.877	0,2279	2.250,63 €	32.881,85 €	18.932,85 €
18	9.778	0,2347	2.294,97 €	35.176,82 €	21.227,82 €
19	9.680	0,2417	2.340,18 €	37.517,00 €	23.568,00 €
20	9.584	0,2490	2.386,28 €	39.903,29 €	25.954,29 €
21	9.488	0,2565	2.433,29 €	42.336,58 €	28.387,58 €
22	9.393	0,2642	2.481,23 €	44.817,81 €	30.868,81 €
23	9.299	0,2721	2.530,11 €	47.347,92 €	33.398,92 €
24	9.206	0,2802	2.579,95 €	49.927,88 €	35.978,88 €
25	9.114	0,2887	2.630,78 €	52.558,66 €	38.609,66 €

Tabela 10: Análise do Orçamento para a 14.^a Esquadra n. °1

Preço (s/ IVA)	Produção Anual (kWh)	Payback (anos)	Retorno no ano de <i>payback</i>	Retorno aos 10 anos	Retorno aos 15 anos	Retorno aos 25 anos
13.949,00 €	11600	8	224,89 €	4.062,66 €	14.475,06 €	38.609,66 €

Tabela 11: Análise do Orçamento para a 14.^a Esquadra n. °2

APÊNDICE C: ORÇAMENTO PARA A 69.^a ESQUADRA, MEM-MARTINS

Ano	Produção (kWh)	Tarifa de venda (€/kWh)	Vendas (€)	Vendas acumuladas (€)	Acumulado
					13.890,00 €
1	11300,00	0,142	1.604,60 €	1.604,60 €	-12.285,40 €
2	11187,00	0,1463	1.636,21 €	3.240,81 €	-10.649,19 €
3	11075,13	0,1506	1.668,44 €	4.909,25 €	-8.980,75 €
4	10964,38	0,1552	1.701,31 €	6.610,57 €	-7.279,43 €
5	10854,73	0,1598	1.734,83 €	8.345,40 €	-5.544,60 €
6	10746,19	0,1646	1.769,00 €	10.114,40 €	-3.775,60 €
7	10638,73	0,1696	1.803,85 €	11.918,25 €	-1.971,75 €
8	10532,34	0,1746	1.839,39 €	13.757,64 €	-132,36 €
9	10427,02	0,1799	1.875,63 €	15.633,27 €	1.743,27 €
10	10322,74	0,1853	1.912,58 €	17.545,84 €	3.655,84 €
11	10219,52	0,1908	1.950,25 €	19.496,10 €	5.606,10 €
12	10117,32	0,1966	1.988,67 €	21.484,77 €	7.594,77 €
13	10016,15	0,2025	2.027,85 €	23.512,62 €	9.622,62 €
14	9915,99	0,2085	2.067,80 €	25.580,42 €	11.690,42 €
15	9816,83	0,2148	2.108,53 €	27.688,95 €	13.798,95 €
16	9718,66	0,2212	2.150,07 €	29.839,02 €	15.949,02 €
17	9621,47	0,2279	2.192,43 €	32.031,45 €	18.141,45 €
18	9525,26	0,2347	2.235,62 €	34.267,07 €	20.377,07 €
19	9430,01	0,2417	2.279,66 €	36.546,73 €	22.656,73 €
20	9335,71	0,2490	2.324,57 €	38.871,31 €	24.981,31 €
21	9242,35	0,2565	2.370,36 €	41.241,67 €	27.351,67 €
22	9149,92	0,2642	2.417,06 €	43.658,73 €	29.768,73 €
23	9058,43	0,2721	2.464,68 €	46.123,41 €	32.233,41 €
24	8967,84	0,2802	2.513,23 €	48.636,64 €	34.746,64 €
25	8878,16	0,2887	2.562,74 €	51.199,38 €	37.309,38 €

Tabela 12: Análise do Orçamento para a 69.^a Esquadra n. °1

Preço (s/ IVA)	Produção Anual (kWh)	Payback (anos)	Retorno no ano de <i>payback</i>	Retorno aos 10 anos	Retorno aos 15 anos	Retorno aos 25 anos
13.890,00 €	11300	9	1.743,27 €	3.655,84 €	13.798,95 €	37.309,38 €

Tabela 13: Análise do Orçamento para a 69.^a Esquadra n. °2

APÊNDICE D: ORÇAMENTO PARA A 70.^a ESQUADRA, LOURES

Ano	Produção (kWh)	Tarifa de venda (€/kWh)	Vendas (€)	Vendas acumuladas (€)	Acumulado
					11.475,00 €
1	6.740,00	0,1420	957,08 €	957,08 €	-10.517,92 €
2	6.672,60	0,1463	975,93 €	1.933,01 €	-9.541,99 €
3	6.605,87	0,1506	995,16 €	2.928,17 €	-8.546,83 €
4	6.539,82	0,1552	1.014,77 €	3.942,94 €	-7.532,06 €
5	6.474,42	0,1598	1.034,76 €	4.977,70 €	-6.497,30 €
6	6.409,67	0,1646	1.055,14 €	6.032,84 €	-5.442,16 €
7	6.345,58	0,1696	1.075,93 €	7.108,76 €	-4.366,24 €
8	6.282,12	0,1746	1.097,12 €	8.205,89 €	-3.269,11 €
9	6.219,30	0,1799	1.118,74 €	9.324,62 €	-2.150,38 €
10	6.157,11	0,1853	1.140,78 €	10.465,40 €	-1.009,60 €
11	6.095,54	0,1908	1.163,25 €	11.628,65 €	153,65 €
12	6.034,58	0,1966	1.186,16 €	12.814,81 €	1.339,81 €
13	5.974,23	0,2025	1.209,53 €	14.024,34 €	2.549,34 €
14	5.914,49	0,2085	1.233,36 €	15.257,70 €	3.782,70 €
15	5.855,35	0,2148	1.257,66 €	16.515,36 €	5.040,36 €
16	5.796,79	0,2212	1.282,43 €	17.797,79 €	6.322,79 €
17	5.738,83	0,2279	1.307,70 €	19.105,49 €	7.630,49 €
18	5.681,44	0,2347	1.333,46 €	20.438,94 €	8.963,94 €
19	5.624,62	0,2417	1.359,73 €	21.798,67 €	10.323,67 €
20	5.568,38	0,2490	1.386,51 €	23.185,19 €	11.710,19 €
21	5.512,69	0,2565	1.413,83 €	24.599,01 €	13.124,01 €
22	5.457,57	0,2642	1.441,68 €	26.040,69 €	14.565,69 €
23	5.402,99	0,2721	1.470,08 €	27.510,78 €	16.035,78 €
24	5.348,96	0,2802	1.499,04 €	29.009,82 €	17.534,82 €
25	5.295,47	0,2887	1.528,57 €	30.538,39 €	19.063,39 €

Tabela 14: Análise do Orçamento para a 70.^a Esquadra n. °1

Preço (s/ IVA)	Produção Anual (kWh)	Payback (anos)	Retorno no ano de <i>payback</i>	Retorno aos 10 anos	Retorno aos 15 anos	Retorno aos 25 anos
11.475,00 €	6740	11,5	746,73 €	-1.009,60 €	5.040,36 €	19.063,39 €

Tabela 15: Análise do Orçamento para a 70.^a Esquadra n. °2

APÊNDICE E: ANÁLISE DE VARIÁVEIS

	12. ^a	14. ^a	69. ^a	70. ^a
	Esquadra	Esquadra	Esquadra	Esquadra
Área Ocupada – Painéis (m ²)	38,34	38,34	38,34	25,56
Custo (€)	13.860,00	13.949,00	13.890,00	11.475,00
Estimativa Pagamento Anual (€)	1.496,96	3.110,39	4.592,27	2.774,27
Inversor	Kostal 5kw	Kostal 5kw	Kostal 5kw	SMA 5kw
Localização dos Contadores	Exterior	Interior	Interior	Interior
Média Consumo Anual (€)	3.508,69	5.212,74	6.640,24	4.029,28
Média Produção Anual (€)	2.011,73	2.102,35	2.047,97	1.255,01
Média Produção Anual (kWh)	9864,73	10309,09	10042,48	5989,94
Média Produção Mensal (€)	131,04	137,42	133,23	79,83
Média Produção Mensal (kWh)	922,8	967,8	938,3	562,2
Número Efetivo	40	53	56	53
Número Painéis	27	27	27	18
<i>Payback</i> (anos)	9	8	9	11,5
Potencia contratadas (kVA)	20,7	20,7	37,95	34,5
Retorno aos 25 anos (€)	36.433,20	38.609,66	37.309,38	19.063,39
Retorno no Ano do <i>Payback</i> (€)	1.496,57	224,89	1.743,27	746,73
Retorno sobre o Investimento	262,87 %	276,79 %	268,61 %	166,13 %
Tipo Cobertura	Plano	Plano	Plano	Inclinado
Tipo Esquadra	Integrada	Integrada	Destacada	Destacada
Total Produção aos 25 anos (€)	50.293,20	52.558,66	51.199,38	30.538,39

Tabela 16: Análise de diversas variáveis consideradas

APÊNDICE F: ANÁLISE DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS PARA A ANÁLISE DE CLUSTERS

		n	%	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Área Ocupada pelos Painéis (m ²)		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

Tabela 17: Análise das variáveis consideradas para a análise de *clusters*

APÊNDICE G: ANÁLISE DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS PARA A ANÁLISE DE CLUSTERS POR TIPO DE ESQUADRA

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

Tabela 18: Análise das variáveis consideradas para a análise de *clusters* por tipo de esquadra

APÊNDICE H: ANÁLISE DA ANOVA COM DOIS E TRÊS CLUSTERS

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Consumo Anual em Euro	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			

Tabela 19: Análise da *One-Way* ANOVA com dois *clusters*

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Consumo Anual em Euro	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			

Tabela 20: Análise da *One-Way* ANOVA com três *clusters*

APÊNDICE I: OUTROS CRITÉRIOS DE AGRUPAMENTO DAS VARIÁVEIS

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	3	2,857	0	0	3
2	2	4	3,951	0	0	3
3	1	2	10,982	1	2	0

Tabela 21: Critério do Vizinho Mais Afastado

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	3	2,857	0	0	3
2	2	4	3,951	0	0	3
3	1	2	7,298	1	2	0

Tabela 22: Critério de ligação entre grupos

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	3	2,857	0	0	3
2	2	4	3,951	0	0	3
3	1	2	5,596	1	2	0

Tabela 23: Critério de ligação pelo centroide

Casos	3 Clusters	2 Clusters
1: Integrada-Chelas	1	1
2: Integrada-Olarias	2	1
3: Destacada-MemMartins	1	1
4: Destacada-Loures	3	2

Tabela 24: Identificação dos agrupamentos com utilização dos critérios: Vizinho Mais Afastado, ligação entre grupos e ligação pelo centroide

APÊNDICE J: APLICAÇÃO DO MÉTODO HIERÁRQUICO COM OUTRAS VARIÁVEIS

Casos	3 Clusters	2 Clusters
1: Integrada-Chelas	1	1
2: Integrada-Olarias	2	1
3: Destacada-MemMartins	1	1
4: Destacada-Loures	3	2

Tabela 25: Aplicação do método Hierárquico utilizando as variáveis: Retorno aos 25 anos; Número de Painéis; Número de Efetivo e Custo; Produção Média Anual; Número de Efetivo

APÊNDICE K: CADERNO DE ENCARGOS

A proposta deverá incluir:

- Acompanhamento, execução e equipamentos conforme o Decreto-Lei Nº 118-A/2010;
- Acompanhamento no pré-registo e registo do SRM;
- Execução de projecto do sistema e sua instalação;
- Acompanhamento no seguimento do registo do SRM;
- Controlo dos equipamentos e sua certificação;
- Emissão do certificado de exploração;
- Contrato de compra e venda de electricidade e ligação à rede;
- Materiais:
 - Cabo DC e AC;
 - Módulos fotovoltaicos (Open Renewables 260-ME Black Edition):
 - 12.^a Esquadra, 14.^a Esquadra e 69.^a Esquadra – 27 módulos para cada esquadra; e
 - 70.^a Esquadra – 18 módulos.
 - Inversor:
 - 12.^a Esquadra, 14.^a Esquadra e 69.^a Esquadra – 1 Inversor Kostal Piko 5.5 (Trifásico) (5kW) para cada esquadra; e
 - 70.^a Esquadra – 1 Inversor SMA Sunny Tripower 5000TL-20 (Trifásico) (5kW).
 - Contador – JANZ A1700 + modem GSM;
 - Estrutura de fixação:
 - Estrutura de Alumínio para fixação em cobertura plana para a 12.^a, 14.^a e 69.^a Esquadra; e
 - Estrutura de Alumínio para fixação em telhado inclinado para a 70.^a Esquadra.
 - Quadro elétrico de proteção AC;
 - Caixa de portinhola PC/P e caixa de contador; e
 - Conectores de ligação, tubagens e calhas de passagem.

Exclusões da proposta:

- Trabalhos de construção civil;

- Aluguer de guas ou equipamento eventualmente necessário à montagem do sistema fotovoltaico;
- Alterações à baixada da EDP; e
- Estruturas metálicas secundárias eventualmente necessárias.

Garantia: Os equipamentos têm a garantia contra defeitos de fabrico conforme os fabricantes.

Prazo de realização dos trabalhos: 30 a 60 dias.

APÊNDICE L: RESULTADO DOS ACUMULADOS COM ACTUALIZAÇÃO

Ano/Esquadra	12. ^a Esquadra - Olaias	14. ^a Esquadra - Chelas	69. ^a Esquadra - Mem Martins	70. ^a 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 €

Tabela 26: Resultado dos acumulados com atualização de 5,65%.

ANEXOS

ANEXO A: EXEMPLO DE ORÇAMENTO PARA SISTEMA AUTÓNOMO PELA EMPRESA SOLAR CONNECT – ENERGIA SOLAR, CLIMATIZAÇÃO E DOMÓTICA UNIPESSOAL, LDA.

Potência instalada: 3,5 kW

Consumo diário/anual estimado: 10kWh / 3650kWh

Degradação anual das células: 0,80 %

Local: Lisboa; instalação fixa com 30° de inclinação e orientação sul

Investimento (s/ IVA): 24390,24€

Tarifa de compra 2014 (€/kWh): 0,1543 €/kWh, com aumento anual de 3 %

Ano	Consumo anual (kWh)	Tarifa de venda (€/kWh)	Custo Anual da energia da rede (€)	Abatimento no investimento
1	3650	0,1543	969,82 €	-23.391,32 €
2	3650	0,1589	998,92 €	-22.392,41 €
3	3650	0,1637	1.028,88 €	-21.363,52 €
4	3650	0,1686	1.059,75 €	-20.303,77 €
5	3650	0,1737	1.091,54 €	-19.212,23 €
6	3650	0,1789	1.124,29 €	-18.087,94 €
7	3650	0,1842	1.158,02 €	-16.929,92 €
8	3650	0,1898	1.192,76 €	-15.737,16 €
9	3650	0,1955	1.228,54 €	-14.508,62 €
10	3650	0,2013	1.265,40 €	-13.243,23 €
11	3650	0,2074	1.303,36 €	-11.939,87 €
12	3650	0,2136	1.342,46 €	-10.597,41 €
13	3650	0,2200	1.382,73 €	-9.214,67 €
14	3650	0,2266	1.424,22 €	-7.790,46 €
15	3650	0,2334	1.466,94 €	-6.323,51 €
16	3650	0,2404	1.510,95 €	-4.812,56 €
17	3650	0,2476	1.556,28 €	-3.256,28 €
18	3650	0,2550	1.602,97 €	-1.653,32 €
19	3650	0,2627	1.651,06 €	-2,26 €
20	3650	0,2706	1.700,59 €	1.698,33 €
21	3650	0,2787	1.751,61 €	3.449,94 €
22	3650	0,2870	1.804,15 €	5.254,09 €
23	3650	0,2957	1.858,28 €	7.112,37 €
24	3650	0,3045	1.914,03 €	9.026,40 €
25	3650	0,3137	1.971,45 €	10.997,84 €

Tabela 27: Exemplo de orçamento para sistema autónomo