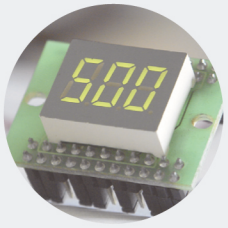
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA - SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA



Viabilidade Técnica e Económica das Diferentes Tecnologias de Microprodução

IVO ORLANDO SANTOS LOPES

Abril de 2013

POLITÉCNICO
DO PORTO

Viabilidade Técnica e Económica das Diferentes Tecnologias de Microprodução

Ivo Orlando Santos Lopes

Sob a orientação científica de: Professora Doutora Teresa Nogueira

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado de Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Abril 2013

Dedicatória

Longo foi o percurso pelo qual passei. Nem sempre preenchido por alegria, muitas vezes constituído por adversidades e obstáculos, que acabaram por me fortalecer e realçar a minha força de vontade em concluir este projeto de vida por mim idealizado.

Num reconhecimento mútuo, dedico este trabalho, a todos aqueles que me apoiaram direta e indiretamente. Em especial aos meus pais, irmão, tio Leonel e namorada, pelo apoio incansável e surpreendente demonstrado, bem como à Orientadora Professora Doutora Teresa Nogueira que constituíram um importante pilar ao longo deste percurso.

Agradecimentos

Um trabalho desta complexidade, exigiu o envolvimento de diversas pessoas, que contribuíram para a sua execução e às quais devo e presto um agradecimento sincero e profundo.

Um muito obrigado à orientadora desta dissertação, Doutora Teresa Nogueira, que através dos seus vastos conhecimentos, esclarecimentos e críticas construtivas, enriqueceu a minha formação académica e científica, promovendo em mim ferramentas que me permitiram desenvolver o presente trabalho. Os meus sinceros agradecimentos.

Aos colegas (em especial ao Abel Santos e Silvestre Ferreira) e professores que solidariamente contribuíram para a concretização deste estudo, a minha sincera gratidão.

Aos meus familiares, amigos em geral e namorada, que me desculpem pela falta de atenção prestada em determinados momentos, ficando a promessa de que em breve esta ausência será recompensada.

Resumo

Sabendo que as energias de origem fóssil não são inesgotáveis e que afetam a qualidade do ambiente, nos últimos anos, o interesse pelas energias renováveis mereceu a atenção de ambientalistas e de governantes. Para diminuir a importação de energia, o próprio governo de Portugal incentivou, através de medidas legislativas diversas, a instalação de sistemas alternativos de produção elétrica. Face à pertinência desta matéria, a dissertação, *Viabilidade Técnica e Económica das Diferentes Tecnologias de Microprodução*, aborda o aproveitamento de energias renováveis através de tecnologias de Microprodução ligadas à rede elétrica.

Nesta dissertação, numa primeira fase, apresentam-se os sistemas de microprodução existentes no mercado, descrevem-se os componentes que os constituem e destacam-se os aspetos legislativos aplicáveis. Numa segunda fase, com o objetivo de suportar a elaboração de uma ferramenta informática para apoio na escolha de equipamentos de microprodução, procede-se à análise financeira de tecnologias de microprodução, indicando os modelos matemáticos necessários.

Um dos objetivos da dissertação, consiste na construção de uma ferramenta informática de cálculo e na sua aplicação a dois estudos de caso. Esse programa informático foi elaborado em Excel e é capaz de fornecer uma estimativa da produção de energia anual e da avaliação da viabilidade técnico-económica de cada tecnologia e pretende apoiar a decisão do investidor em tecnologias de microprodução.

Tendo sido realizados dois estudos de caso - um edifício habitacional unifamiliar e um edifício Industrial – foi possível verificar o funcionamento da aplicação e a sua utilidade na determinação da solução mais vantajosa na escolha de uma tecnologia de microprodução, uma vez que, introduzidos os dados adequados, são gerados os cálculos que permitem fornecer uma visão de conjunto, possibilitando a comparação das diferentes propostas.

Abstract

Fossil fuels are not inexhaustible resources and they affect the quality of the environment. Because of that, in recent years, the interest in renewable energies drawn the attention of environmentalists and governments. To reduce energy imports, the government of Portugal encouraged the installation of alternative electricity production systems, through various legislative measures. Due to the importance of this subject, this dissertation discusses the use of renewable energy technologies through microproduction connected to the grid.

In this dissertation, at first, it´s presented the microproduction systems available on the market, it´s described the components that constitute them and highlighted the applicable aspects of legislation. Then, we proceeded to the financial analysis of microgeneration technologies, indicating the mathematical models needed, because our aim was to develop a software tool to support in the selection of equipment for microproduction.

The aim of this dissertation is the construction of a calculation software tool and its application in two case studies. That computer program was done in Excel and it can estimate the annual energy production and evaluate the tecnical and economic feasibility of each technology. This computer tool can support the investor decision in acquiring microproduction technologies.

Two case studies were carried out – one in an single-family house and the other in an industrial place – and it was possible to verify how the application works as well as its utility in the determination of the best solution in choosing a microproduction technology. This happens because when correct data are entered in the software, it generate calculations that provide us an overview that allows us to compare the different offers.

.

Índice

DEDICATÓRIA ..... **III**

AGRADECIMENTOS ..... **V**

RESUMO ..... **VII**

ABSTRACT ..... **IX**

ÍNDICE ..... **XI**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **XIII**

ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS ..... **XV**

1. INTRODUÇÃO **1**

1.1 ENQUADRAMENTO **1**
1.2 OBJETIVOS **2**
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO **3**

2. CARATERIZAÇÃO DA MICROPRODUÇÃO EM PORTUGAL **5**

2.1 POTENCIALIDADES ENERGÉTICAS DE PORTUGAL **6**
2.2 EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO **9**
2.2.1 Decreto-Lei n.º 25/2013 de 19 de fevereiro 12
2.2.1.1 Regime Bonificado 12
2.2.1.2 Regime Geral 13
2.2.2 Tarifa de Referência 14
2.3 TECNOLOGIAS DE MICROPRODUÇÃO **15**
2.3.1 Solar Fotovoltaico 16
2.3.2 Microturbinas Eólicas 18
2.3.3 Mini-hídricas 20
2.3.4 Micro-cogeração 22
2.3.4.1 Motores de Combustão Interna 23
2.3.4.2 Microturbinas 25
2.3.4.3 Motores Stirling (SE) 26
2.3.4.4 Pilhas de Combustível 27

3. ANÁLISE FINANCEIRA DAS TECNOLOGIAS DE MICROPRODUÇÃO E SUA IMPLEMENTAÇÃO **31**

3.1 AVALIAÇÃO ECONÓMICA **32**
3.1.1 Cash-Flow do Projecto 33
3.1.2 Valor Atual Liquido (VAL) 33
3.1.3 Retorno do investimento (ROI) 35
3.1.4 Período de Recuperação do Capital (Payback) 35
3.2 IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA INFORMÁTICA DE APOIO À AVALIAÇÃO ECONÓMICA **36**
3.2.1 Descrição da aplicação informática 36
3.2.2 Princípios de funcionamento da aplicação informática 37

4. CASOS DE ESTUDO **45**

4.1 CASO A: EDIFÍCIO HABITACIONAL UNIFAMILIAR **46**
4.1.1 Consumo energético 47
4.1.2 Inserção dos dados na ferramenta informática 48

4.1.3 Análise de Resultados 55
4.2 CASO B: EDIFÍCIO INDUSTRIAL COM ZONA COMERCIAL 58
4.2.1 Consumo energético 60
4.2.2 Inserção dos dados na ferramenta informática 61
4.2.3 Análise de Resultados 68

5. CONCLUSÕES 73

5.1 ASPECTO CONCLUSIVOS 74
5.2 SUGESTÃO PARA TRABALHO FUTURO 75

ANEXO I - CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DO PAINEL FOTOVOLTAICO BASE **81**

ANEXO II - CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DA MICRO-TURBINA EÓLICA COMFORT 220 – T3000W **83**

ANEXO III - CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DA MICRO-HÍDRICA COMFORT 220 - MH-3KW **85**

ANEXO IV - CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DA MICRO-COGERAÇÃO "DACHS SE" **87**

Índice de Figuras

Figura 2.1 – a) Nº Horas de sol b) Energia Solar incidida em Portugal 7
Figura 2.2 - Mapa de distribuição de velocidade e do Nº de horas/ano do vento em Portugal 7
Figura 2.3 - Portugal Continental. Mapas de isolinhas do escoamento anual médio 8
Figura 2.4 - Taxa de Arborização (Ta) 9
Figura 2.5 - Tecnologias de Microprodução pelo DL Nº 25/2013 15
Figura 2.6 – a) Exemplo de Painel PV b) Conversão luz solar em eletricidade 16
Figura 2.7 - Esquema de um Micro-aerogerador 19
Figura 2.8 - Exemplos de Mini-hídricas 21
Figura 2.9 – Princípios de funcionamento da Micro-cogeração 23
Figura 2.10 – Tecnologia de Micro-cogeração para edifícios 23
Figura 2.11 - Microturbina a gás 25
Figura 2.12 - Princípio de funcionamento de Motor Stirling 27
Figura 2.13 – a)Célula de combustível b)Pilha de combustível 28
Figura 3.1 - Fluxograma da Avaliação Económica 32
Figura 3.2 – Diferentes etapas da aplicação 37
Figura 3.3 - Folha de rosto da aplicação 38
Figura 3.4 – Folha de Parâmetros de Entrada 39
Figura 3.5 – Folha de Escolha de Tecnologia 40
Figura 3.6 – Folha de cálculo da Tecnologia Fotovoltaico 41
Figura 3.7 – Folha de cálculo da Tecnologia Eólico 42
Figura 3.8 – Folha de Cálculo da Tecnologia Mini-hídrica 43
Figura 3.9 – Folha de Cálculo Micro-cogeração 43
Figura 3.10 – Folha de demonstração dos resultados 44
Figura 4.1 - Localização e fotografias do Edifício habitacional unifamiliar 46
Figura 4.2 - Localização do ribeiro 46
Figura 4.3 - Folha de Parâmetros de Entrada do Caso A 49
Figura 4.4 - Folha de cálculo da Tecnologia Fotovoltaico com valores do equipamento da "Solução Base" da EDP 51
Figura 4.5- Folha de cálculo da Tecnologia Eólica com os valores do equipamento "Micro Eólica Comfort 220 T3000W" 52
Figura 4.6- Folha de cálculo da Tecnologia Mini - Hídrica com os valores do equipamento "MH Comfort 200 MH – 3KW" 53
Figura 4.7- Folha de cálculo da Tecnologia Micro-cogeração com os valores do equipamento "DACHS SE" 54

Figura 4.8 – Análise dos Resultados do Caso A 57
Figura 4.9- Localização e fotografias do Edifício Industrial com Zona Comercial..... 59
Figura 4.10- Folha de Parâmetros de Entrada do Caso B 63
Figura 4.11 - Folha de cálculo da Tecnologia Fotovoltaico com valores do equipamento da "Solução Base" da EDP 64
Figura 4.12- Folha de cálculo da Tecnologia Eólica com os valores do equipamento "Micro Eólica Confort 220 T3000W" 65
Figura 4.13- Folha de cálculo da Tecnologia Mini - Hídrica com os valores do equipamento "MH Confort 200 MH – 3KW" 66
Figura 4.14- Folha de cálculo da Tecnologia Micro-cogeração com os valores do equipamento "DACHS SE" 67
Figura 4.15 – Análise dos Resultados do Caso B 70
Figura A.1 - Caraterísticas Técnicas do Painel Fotovoltaico Base……..81
Figura A.2 - Caraterísticas Técnicas Micro-Turbina Eólica Comfort 220 – T3000w…….....83
Figura A.3 - Caraterísticas Técnicas da Micro - Hídrica Comfort 220 - MH-3kw……..85
Figura A.4 - Caraterísticas Técnicas da Micro-Cogeração "Dachs Se"……..87

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Caraterísticas e diferentes tipos de Fotovoltaicos 17

Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

SEP – Sistema Elétrico de Serviço Público

SEI – Sistema Elétrico Independente

SEN – Sistema Elétrico Nacional

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

PV – Painel Fotovoltaico

CHP – Cogeração

Micro-CHP – Micro-Cogeração

MCI – Motor de Combustão Interna

NOx – Óxidos de nitrogénio

CO_2 – Dióxido de Carbono

MT – MicroTurbina

SE – Motor Stirling

PC – Pilhas de Combustível

SOx – Óxidos de enxofre

VAL – Valor Atual Liquido

ROI – Retorno do Investimento

TIR – Taxa de Interna de Rentabilidade

AQS – Águas Quentes Sanitárias

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

PME's – Pequenas e Médias Empresas

1. Introdução

Esta dissertação foi desenvolvida no âmbito do curso de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica de Sistemas Elétricos de Energia, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Neste trabalho de dissertação são apresentadas as tecnologias de microprodução de energia, a legislação em vigor em Portugal e os tipos de microprodutores existentes. Estes produtores deverão começar a ser considerados nos diferentes aspetos relacionados com a gestão do sistema elétrico, nomeadamente no que diz respeito ao funcionamento do mercado de eletricidade.

Este capítulo apresenta uma perspetiva geral do tema e revela quais os objetivos e motivações essenciais para a sua realização. Na parte final do capítulo faz-se uma breve descrição da estrutura desta dissertação.

1.1 Enquadramento

O aumento do preço das energias fósseis, tenderá a empobrecer os países mais dependentes dessa matéria-prima, enfraquecendo a sua competitividade no mercado económico internacional e contribuindo, a longo prazo, para a geração de conflitos sociais e políticos que podem alastrar por extensas regiões do globo.

A sociedade encontra-se dependente da energia, para todas as suas necessidades. Pode mesmo dizer-se que a energia é de importância vital nas economias de hoje. A população, em geral, as empresas e as economias, dependem cada vez mais da energia nas suas diversas formas. Por isso, países com falta de recursos energéticos (petróleo, carvão, gás) como é o caso de Portugal, deparam-se não só com esse problema como com uma séria desvantagem competitiva, face aos desequilíbrios na balança comercial, resultantes dos custos significativos com a importação dos combustíveis fósseis.

A microprodução de energia, por apostar numa abordagem integrada do serviço energético junto do consumidor final, revela-se, assim, um meio essencial no contributo para a diminuição da dependência energética do país.

A microprodução possui um mercado muito valioso, trazendo inúmeras vantagens, nomeadamente para a indústria especializada e para os próprios clientes, que poderão obter lucros a partir do investimento realizado na instalação destas tecnologias nas suas propriedades.

Um investimento numa tecnologia de microprodução deve ser ponderada e efetuada de forma eficiente, minimizando o período de retorno e maximizando os lucros.

1.2 Objetivos

O objetivo primordial deste trabalho é a criação de uma aplicação informática para apoio à decisão na escolha das tecnologias de microprodução a instalar em edifícios já existentes. A aplicação determina os fatores decisivos para a viabilidade económica dos sistemas de microprodução ligados à rede, permitindo ao utilizador decidir sobre a tecnologia que lhe é mais favorável.

Deste modo, com o presente trabalho, pretende-se, mais especificamente, atingir os seguintes objetivos:

- ✓ Desenvolver um sistema de apoio à decisão para os futuros microprodutores;
- ✓ Averiguar as condições de que o produtor dispõe para albergar a tecnologia;

- ✓ Informar os microprodutores das diferentes caraterísticas das várias tecnologias existentes do mercado;
- ✓ Elucidar o microprodutor sobre os benefícios da escolha feita;
- ✓ Determinar os valores de remuneração por kWh da tecnologia pretendida;
- ✓ Determinar a localização onde será aplicada a central microprodutora;
- ✓ Elaborar um relatório económico (custo/benefício) para cada tecnologia.

1.3 Organização da dissertação

A dissertação encontra-se estruturada em 5 capítulos. O presente capítulo diz respeito à Introdução. Nele se faz uma contextualização do tema, se indicam os objetivos desta dissertação e se explica a sua organização.

O capítulo 2 diz respeito à caraterização da microprodução em Portugal, que compreende as potencialidades energéticas do nosso país, a legislação em vigor para a microprodução e os diferentes tipos de tecnologias de microprodução e referencia as energias renováveis e tecnologias que possam auxiliar estas últimas, bem como as vantagens e desvantagens das mesmas.

No capítulo 3, intitulado "Análise financeira das tecnologias de microprodução e sua implementação", explicitam-se os fatores de avaliação económica e apresenta-se a ferramenta informática desenvolvida, descrevendo-a e explicando o seu funcionamento.

O capítulo 4 compreende a descrição e caraterização dos dois estudos de caso, a aplicação da ferramenta informática, os resultados obtidos e a análise da sua viabilidade técnico-económica.

O trabalho é finalizado com o capítulo 5, onde são apresentadas as conclusões. Para isso, reflete-se sobre os resultados obtidos, de modo a descobrir se os objetivos do trabalho foram ou não alcançados. Ainda na conclusão, se referem as limitações que surgiram ao longo do estudo e, por outro lado, as conquistas conseguidas. Por fim, são dadas sugestões para o desenvolvimento de novos estudos, dando assim maior consistência ao modelo delineado.

2. Caraterização da Microprodução em Portugal

Portugal é um país que não possui recursos energéticos próprios (petróleo, carvão e gás). Esta subordinação energética obriga a que o país tenha uma elevada dependência do exterior, sendo dependente das importações de fontes primárias de origem fóssil (Matias, 2010).

Nos últimos anos, o interesse pelas energias renováveis em Portugal tem sofrido um grande crescimento nos diversos setores económicos da nossa sociedade. Tanto os consumidores empresariais como os residenciais têm-se mostrado recetivos a tornarem - se económica, social e ambientalmente mais competitivos num mundo cada vez mais global.

A microprodução tem-se revelado como uma alternativa interessante para responder aos diversos problemas existentes na sociedade moderna. Com ela deixa de existir uma produção bem estipulada e os consumidores deixam de ser apenas consumidores, podendo passar a ser produtores de energia elétrica.

A microprodução em Portugal traz vantagens a nível nacional, nomeadamente:

- Reduz as perdas de energia na rede de distribuição elétrica;
- Aumenta a fiabilidade do fornecimento de eletricidade aos consumidores;
- Reduz a forte dependência do sistema energético português do exterior;
- Adia investimentos pesados no reforço das infraestruturas da rede;
- Melhora o desempenho ambiental do sistema energético no seu todo;
- Cria grandes oportunidades para a indústria portuguesa de bens de equipamento e componentes para o setor elétrico;
- Gera um novo cluster industrial e de serviços com impacto importante na criação de emprego e no crescimento económico;
- Dá mais autonomia e poder de decisão aos consumidores individuais e às comunidades locais (Nascimento, 2008).

2.1 Potencialidades Energéticas de Portugal

A posição geográfica de Portugal é bastante favorável à implementação de tecnologias de produção de energia a partir de fontes de energias renováveis, visto que o país possui uma elevada exposição solar média anual, contém uma rede hidrográfica relativamente densa e dispõe de uma vasta frente marítima que beneficia dos ventos atlânticos, o que lhe confere a possibilidade de aproveitar o potencial energético do sol, da água, do mar e do vento.

A energia solar assume-se, assim, como uma alternativa válida para satisfazer as necessidades futuras do planeta, demasiado dependente de fontes de energia em declínio acentuado (combustíveis fósseis) e de outras fontes de energia supostamente inesgotáveis mas com impactos ambientais eventualmente graves (nuclear) (Alves, 2010).

Observando a figura 2.1a), podemos verificar que em algumas regiões do país a incidência de sol ultrapassam as 3 mil horas. Para além disso, observando figura 2.1b), vemos que este representa somatório da radiação global e do potencial Fotovoltaico

anual de Portugal continental gerado por um sistema de 1 kWp por ano e com eficiência de 75%, para o plano horizontal.

Mediante a utilização de tecnologias fotovoltaicas é possível aproveitar a energia solar convertendo diretamente a radiação solar em eletricidade. A energia recebida por m^2 em Portugal de terreno horizontal por ano é, em média, cerca de 1700 kWh (Silva, 2010).

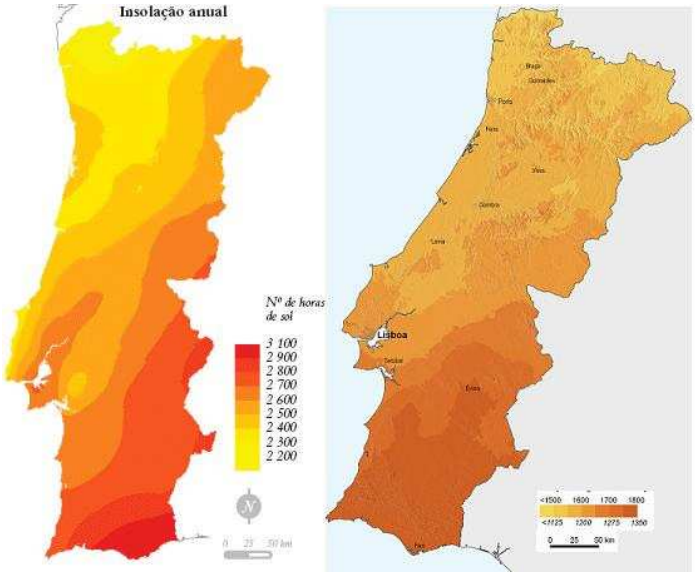


Figura 2.1 – a) Nº Horas de sol b) Energia Solar incidida em Portugal

Tal como o sol, o vento é também uma fonte abundante em Portugal e, é uma das energias com elevado potencial de produção elétrica em Portugal.

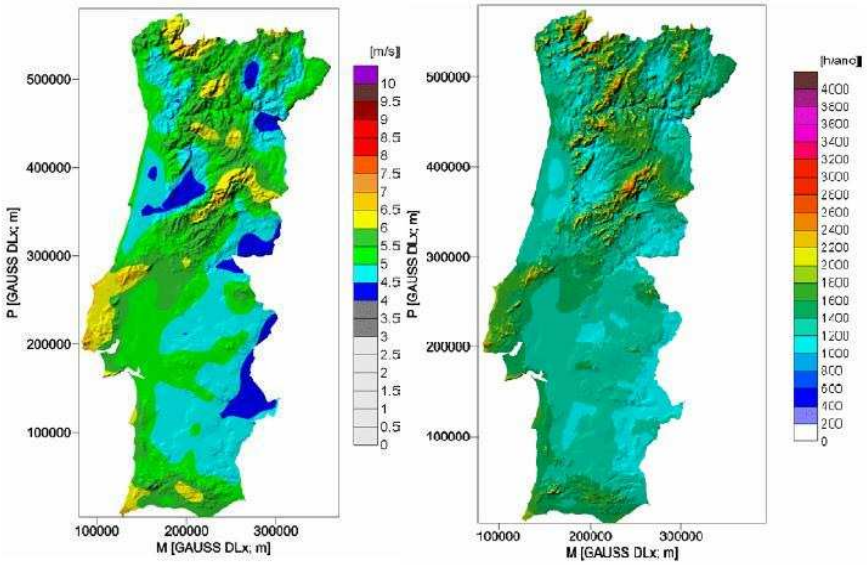


Figura 2.2 - Mapa de distribuição de velocidade e do Nº de horas/ano do vento em Portugal

A figura 2.2 mostra um estudo feito em relação ao vento nas diversas regiões do nosso país, representando a imagem do lado esquerdo a velocidade por região e a imagem do lado direito o número de horas de vento por ano (Simões, 2004). Podemos constatar que as zonas costeiras são as que se encontram mais destacadas, em ambas as situações. Estas zonas podem usar a energia do vento para converter em eletricidade através de uma turbina eólica e, certamente com um rendimento superior no litoral comparativamente ao interior (Martins, 2007).

No que concerne às potencialidades de produção de energia hidroelétrica, estas encontram-se relacionadas com a orografia do território (que gera as quedas aproveitáveis) e com os recursos hídricos superficiais disponíveis, que por sua vez determinam volumes turbináveis e a sua distribuição ao longo do ano, que é manifestamente irregular no território continental português (em média, 87% a 96% dos escoamentos ocorrem no denominado semestre húmido) (Leitão; Portela; Godinho, 2010). Pela figura 2.3, podemos constatar que as zonas do norte do país contêm uma maior taxa de escoamento que a zona sul, podendo depreender-se que a capacidade de produção através de energia hídrica é mais elevada no norte.

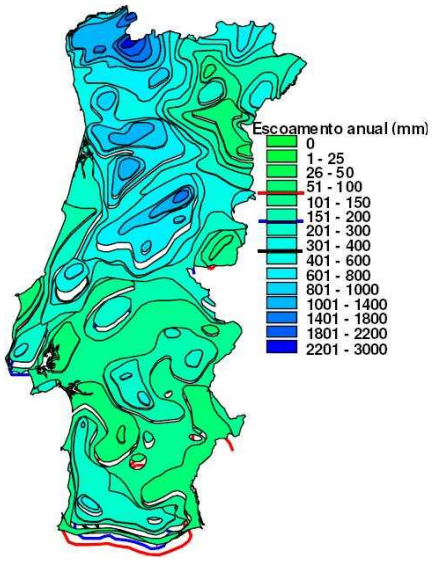


Figura 2.3 - Portugal Continental. Mapas de isolinhas do escoamento anual médio

Como já foi referido, Portugal não possui combustíveis fósseis. No entanto, é possível obter um biocombustível através de vários tipos de desperdícios. Este combustível pode apresentar-se na forma líquida (biodiesel e bioetanol), gasosa (biogás) ou na forma sólida (biomassa).

Observando a figura 2.4 relativa à taxa de arborização de Portugal, podemos verificar que existem várias zonas com bastante arborização e, em algumas, a percentagem de território coberto com árvores é na ordem dos 51% a 75%. Esta arborização traduz-se, todos os anos, em enormes quantidades de lixo florestal, que pode ter várias utilizações, quer a nível residencial quer a nível empresarial (aquecimento de água, ambiente, confeção de alimentos, produção de energia….). Este recurso encontra-se disponível para a maioria da população e é um recurso fácil de manusear embora trabalhoso (Pereira et al., 2000).

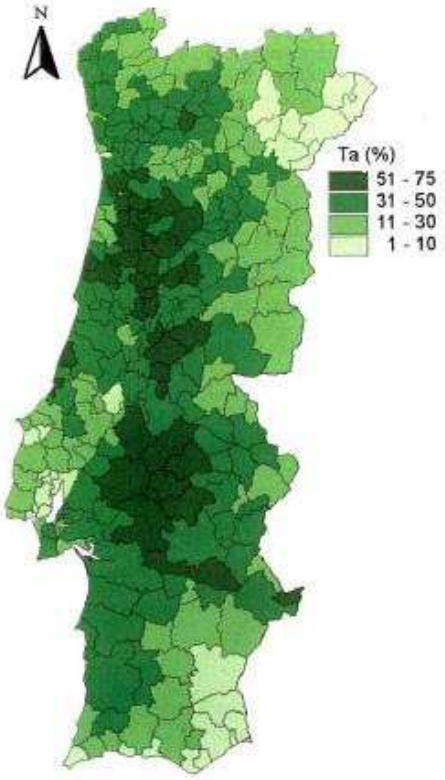


Figura 2.4 - Taxa de Arborização (Ta)

Apesar de a microprodução ter vindo a aumentar nos últimos anos (devido aos apoios do governo), face à crise económica que o nosso país atualmente atravessa, estes apoios tiveram de ser revistos (por imposição da Troika) e o Governo viu-se obrigado a rever a legislação vigente e as respetivas tarifas.

2.2 Evolução da legislação

A legislação para a microprodução surgiu em 2001 com o Decreto-Lei n.º 312/2001 de 10 de dezembro e estabeleceu as disposições aplicáveis à gestão da

capacidade de receção de eletricidade nas redes do Sistema Elétrico de Serviço Público (SEP), permitindo a receção e a entrega de eletricidade proveniente de novos centros electroprodutores do Sistema Elétrico Independente (SEI). Mas, como esse decreto-lei se aplica a todos os centros electroprodutores, independentemente da sua potência nominal ou localização geográfica, conduz, assim, a uma excessiva centralização administrativa dos processos de licenciamento de pequena ou microdimensão.

Em 2002, a microprodução de eletricidade, como atividade de produção de eletricidade em baixa tensão com possibilidade de entrega de energia à rede elétrica pública, foi regulada pelo Decreto-Lei n.º 68/2002, de 25 de março, que prevê que a eletricidade produzida se destine predominantemente a consumo próprio, passando o excedente a ser entregue a terceiros ou à rede pública, com o limite de 150 kW de potência no caso de a entrega ser efetuada à rede pública. Uma vez que o número de sistemas de microprodução licenciados e a funcionar ao abrigo deste enquadramento legal não atingiu uma expressão significativa, condenou este decreto-lei ao insucesso.

Surge, então, o Decreto-Lei n.º 29/2006, de 15 de março, que resultou da audição de órgãos como a Associação Nacional de Municípios Portugueses, as associações de consumidores, o Conselho Nacional do Consumo, a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos e a Associação do Setor das Energias Renováveis, e veio estabelecer as bases gerais de organização e funcionamento do Sistema Elétrico Nacional (SEN), classificando a produção de eletricidade em regime ordinário e em regime especial. Ao regime especial, corresponde a produção de eletricidade com incentivos à utilização de recursos endógenos e renováveis ou a produção combinada de calor e eletricidade. Independentemente da revisão dos regimes aplicáveis às energias renováveis e à micro-cogeração, entendeu o Governo avançar, com um regime simplificado aplicável à microprodução de eletricidade, também designado por renováveis na hora, conforme previsto no Programa de Simplificação Administrativa e Legislativa SIMPLEX2007 (MEI, 2007).

Apesar deste regime, a legislação em vigor não despertou o interesse esperado, pois era economicamente inviável, tinha excesso de burocracia e faltavam incentivos para financiar pequenas empresas.

Face a esta situação, surge, em 2007, o Decreto-Lei nº 363/2007 que define que a produção feita através de instalações de pequena potência passa a ser denominada "microprodução". O Decreto-Lei 363/2007 criou um registo de internet fácil, atribuição

de licenças simplificada, designação de equipamentos standard e criação de dois regimes de remuneração de microprodução, o regime bonificado e o regime geral. Este decreto teve como objetivos primordiais: contribuir para a redução da dependência externa do abastecimento da energia elétrica, melhorar a eficiência na produção local, intensificar da utilização das energias renováveis e o aumento da instalação de solares térmicos para o aquecimento da água (Melo et al., 2009).

Devido à elevada adesão à microprodução e à, consequente, dificuldade na obtenção de registos, a Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) decidiu alterar a regulamentação descrita no DL nº 363/2007 de 2 de novembro. Surge então, o Decreto-Lei 118-A/2010 (MEID, 2010).

O Decreto-Lei nº118-A/2010 veio atualizar as regras do anterior diploma (Dec. Lei nº 363/2007), simplificando as regras para a produção de eletricidade a nível particular, obtida a partir de fontes renováveis. Segundo este decreto-lei, pode ser microprodutor quem preencha os seguintes requisitos:

a) Disponha de uma instalação de utilização de energia elétrica e seja titular de contrato de compra e venda de eletricidade, em execução, celebrado com um comercializador; como comercializador;

b) A Unidade de microprodução seja instalada no mesmo local servido pela instalação elétrica de utilização;

c) A potência de ligação da unidade de microprodução não seja superior a 50% da potência contratada no contrato referido na alínea a);

d) A energia consumida na instalação de utilização seja igual ou superior a 50% da energia produzida pela unidade de microprodução;

e) A entidade que, por intermédio de uma unidade de microprodução, entidade terceira que, ao abrigo de contrato escrito, esteja autorizada pelo titular da instalação de utilização.

O Decreto-Lei nº118-A/2010 altera o sistema tarifário do Decreto-Lei nº363/2007, sendo que o tempo de retorno do investimento tornou-se ligeiramente mais longo, ou seja, atualiza os dois regimes de remuneração (geral e bonificado), tal como já referido anteriormente. No âmbito do regime remuneratório bonificado, estabelece-se que a eletricidade oriunda da microprodução seja remunerada segundo uma tarifa

definida no diploma. No âmbito do regime remuneratório geral, aplica-se àqueles que não se enquadrem no regime bonificado, nos termos do Decreto-Lei nº118-A/2010 de 25 de outubro de 2010. Este regime, ao contrário do regime bonificado, permite uma potência de ligação ligeiramente superior, contudo não pode ser superior a 5,75 kW ou a 50% da potência contratada (MEID, 2010).

Em 2013 com o Decreto-Lei nº25/2013 de 19 de fevereiro surge a terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de novembro, que estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de unidades de microprodução.

2.2.1 Decreto-Lei n.º 25/2013 de 19 de fevereiro

Assim como os anteriores decretos-lei (DL n.º 363/2007, de 2 de novembro, e o DL n.º 118-A/2010, de 25 de outubro),o presente decreto-lei também contempla os dois regimes de remuneração: o regime bonificado e o regime geral. No entanto, este surge para estabelecer novas formas de remuneração do regime geral aplicável à microprodução de eletricidade, bem como as correspondentes regras de relacionamento comercial. Este decreto-lei irá vigorar até à entrada do diploma que procederá à revisão do regime jurídico da microprodução e miniprodução.

2.2.1.1 Regime Bonificado

O regime bonificado é aplicável a todos os produtores que cumpram os seguintes requisitos:

- A potência de ligação da respetiva unidade de microprodução não seja superior a 3,68 kW, ou no caso dos condomínios, a 11,04 kW;
- A unidade de microprodução deverá utilizar fontes energias renováveis;
- Estar integrada no aquecimento do edifício, no caso da cogeração;
- O local de consumo associado à microprodução deve dispor de coletores solares térmicos com um mínimo de 2 m^2 de área útil, ou unidades de biomassa com produção anual equivalente;

- Os condomínios, são obrigados a uma auditoria energética, implementação de medidas de eficiência energética identificadas na auditoria (payback <2 anos).

No regime bonificado, o produtor é remunerado com base na tarifa de referência que vigore à data da emissão do certificado de exploração. A aplicação do regime remuneratório bonificado caduca quando o produtor comunica ao sistema de registo de microprodução a renúncia à sua aplicação, ou no final do período de 15 anos, ingressando o produtor no regime remuneratório geral (MEID, 2013).

2.2.1.2 Regime Geral

Todos os produtores que não obtenham acesso ao regime bonificado são considerados no regime geral.

Até à entrada em vigor do diploma que procederá à revisão do regime jurídico da microprodução, o comercializador de último recurso compra a eletricidade produzida em unidades de microprodução no âmbito do regime geral, remunerando-a de acordo com a seguinte fórmula:

$$R_{em_m} = W_m \times P_{ref} \times \frac{IPC_{n-1}}{IPC_{ref}} \tag{2.1}$$

Onde,

Rem_m - é a remuneração do mês m, em [€];

W_m - é a energia produzida no mês m, em [kWh];

P_{ref} - é o valor da parcela de energia da tarifa simples entre 2,30 e 20,7 kVA aplicado no ano de 2012 pelo comercializador de último recurso ao fornecimento da instalação de consumo;

IPC_{ref} - é o índice de preços no consumidor, sem habitação, no continente, referente ao mês de dezembro de 2011, publicado pelo Instituto Nacional de Estatística, I.P.;

IPC_{n-1} - é o índice de preços no consumidor, sem habitação, no continente, referente ao mês de dezembro do ano n-1, publicado pelo Instituto Nacional de Estatística, I.P.

Os produtores enquadrados no regime geral podem optar por vender a eletricidade produzida na unidade de microprodução diretamente em mercados organizados ou mediante a celebração de contratos bilaterais, incluindo com a entidade que exercer a atividade de facilitador de mercado (MEID, 2013).

2.2.2 Tarifa de Referência

As tarifas também têm vindo a sofrer alterações face ao que foi implementado no Decreto-Lei nº 363/2007. Desta forma, após os 5 anos com uma remuneração de 650 €/MWh (estipulados no DL antecedente) e durante o período adicional de 10 anos, aplica-se à instalação de microprodução, anualmente, a tarifa única correspondente à que seja aplicável, no dia 1 de janeiro desse ano, às novas instalações que sejam equivalentes.

Aquando a entrada do Decreto-Lei 118-A/2010, esse valor veio a ser alterado, sendo desta forma distribuído em dois períodos no regime bonificado, durante um total de 15 anos contados desde o 1.º dia do mês seguinte ao do início do fornecimento, subdivididos em dois períodos: o primeiro com a duração de 8 anos e o segundo com a duração dos subsequentes 7 anos. O valor desta remuneração é 400 €/MWh (1º período) e 240 €/MWh (2º período); redução anual 20 €/MWh. No caso do Regime Geral, a tarifa de venda de eletricidade é igual ao custo da energia do tarifário aplicável pelo comercializador de último recurso do fornecimento à instalação de consumo.

No ano de 2011, a tarifa foi novamente atualizada, através da Portaria 284/2011, que estipula que no primeiro período é de 326 €/MWh e 185 €/MWh no 2º período, redução de 54 €/kWh e de 35 €/kWh, respetivamente, relativa à tarifa do DL 118-A/2010.

No ano de 2012, pela Portaria n.º 431/2012 de 31 de dezembro, surgem as tarifas para vigorar em 2013, sendo que a redução anual da tarifa de referência para unidades de microprodução que usem energia solar fotovoltaica no primeiro período é de €130/MWh e a tarifa será de €196/MWh. No segundo período, a redução é de €20/MWh, sendo a tarifa aplicável de €165/MWh. Pelo despacho DGEG de 2 de janeiro de 2013, o valor de referência para as restantes tecnologias de microprodução em 2013 é de €272/MWh durante o primeiro período de 8 anos e de €150/MWh durante o segundo período de 7 anos.

Na aplicação da tarifa, e segundo o Decreto-Lei nº25/2013 de 19 de fevereiro, o valor varia consoante o tipo de energia primária utilizada, sendo determinada mediante a aplicação das seguintes percentagens à tarifa de referência:

- Solar — 100 %;
- Eólica — 80 %;
- Hídrica — 40 %;
- Micro-cogeração a biomassa — 70 %;
- Pilhas de combustível com base em hidrogénio proveniente de mi croprodução renovável, percentagem prevista nas alíneas anteriores aplicável ao tipo de energia renovável utilizado para a produção do hidrogénio;
- Micro-cogeração não renovável — 40 %.

Contudo, o produtor encontra-se limitado na quantidade de eletricidade vendida. No caso das tecnologias solar e eólica, a eletricidade vendida é limitada a 2,4 MWh/ano e 4 MWh/ano nas restantes tecnologias, por cada quilowatt instalado (MEID, 2013).

2.3 Tecnologias de Microprodução

Para a produção de energia em pequena escala, torna-se necessário averiguar os vários tipos de produção descentralizada existentes no mercado. Só desta forma o produtor, pode optar por uma, ou pela combinação de várias tecnologias, sendo que a escolha deve ser determinada pela eficiência e pela viabilidade das mesmas no local.

As tecnologias de microprodução permitem, com pouca energia, gerar eletricidade com qualidade de forma eficiente e segura.

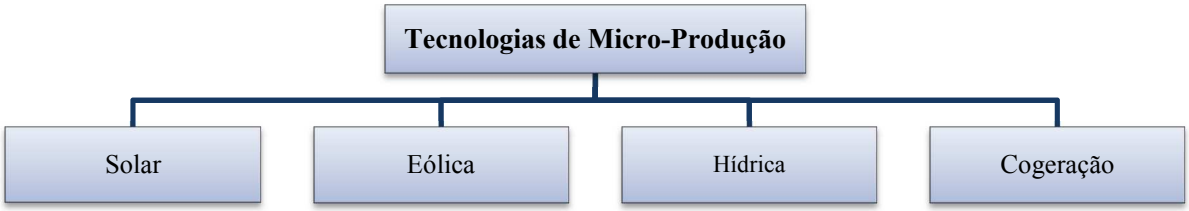


Figura 2.5 - Tecnologias de Microprodução pelo DL Nº 25/2013

Na figura 2.5, estão indicadas as tecnologias de microprodução que se encontram abrangidas pelo Decreto-Lei nº25/2013. Nos capítulos que se seguem, irão ser descritas algumas das caraterísticas das diferentes tecnologias da figura, bem como as suas principais vantagens e desvantagens para a produção de energia nos edifícios.

2.3.1 Solar Fotovoltaico

A energia solar é convertida diretamente em eletricidade por células fotovoltaicas (PV). Como as células individuais geram tensões baixas, torna-se necessário agrupá-las em módulos retangulares com uma tampa transparente, uma estrutura metálica de montagem e uma placa traseira, para obter resistência a condições atmosféricas adversas (figura 2.6a). Estes sistemas fotovoltaicos convertem a luz solar em energia elétrica, tendo este processo o nome de efeito fotovoltaico (figura 2.6b) (Fisher et al., 2008).

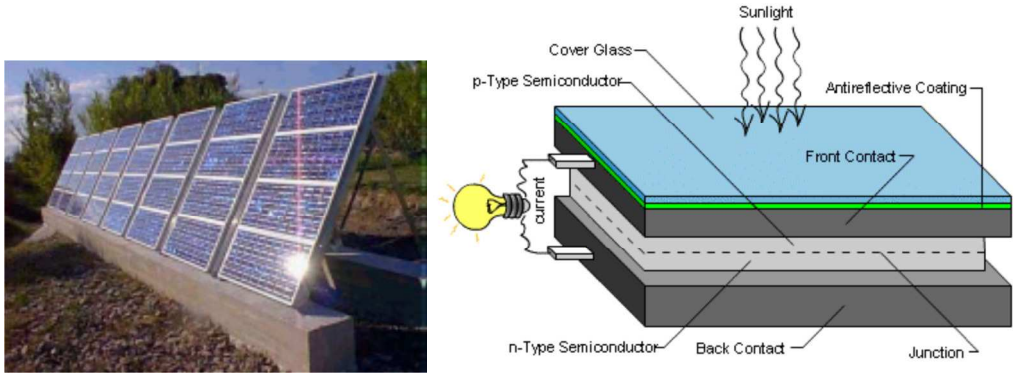


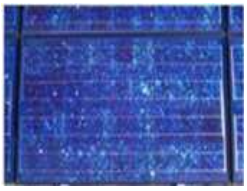
Figura 2.6 – a) Exemplo de Painel PV b) Conversão luz solar em eletricidade

Sistemas de pequena escala PV são aplicados na área residencial em conexão com as unidades centrais cingidas ou autónomos, com uma capacidade de produção de eletricidade entre 1 a 10kWp. A tecnologia é, na maioria dos casos, aplicada ao telhado de casas. Outros exemplos são a integração de células solares em fachadas ou em persianas (Haringa, 2010).

Todos os tipos de fotovoltaicos podem captar a energia quando o céu está nublado, mas só atinge a produção máxima em dias de céu claro, quando o sol incide perpendicularmente sobre as células. Devido à ampla utilização, as instalações de PV não são classificadas em termos de área física, mas sim de acordo com a sua potência de

pico (ou kWpeak kWp), definida de acordo com um método padrão de medição. Os três tipos de células solares são: multicristalino, monocristalino e células amorfo, variando na sua eficiência e área do módulo - tabela 2.1 (Fisher et al., 2008).

Tabela 2.1 – Caraterísticas e diferentes tipos de Fotovoltaicos

	Multicristalino 	**Monocristalino** 	**Células Amorfo** 
Eficiência	12-16%	14-20%	6-12%
Área módulo (Por kWp)	10 m^2	8 m^2	20 m^2

Com um seguidor solar, caso os painéis solares sejam instalados no solo, é possível aumentar a produtividade das instalações de microprodução fotovoltaica até 25%. Isto porque os seguidores solar orientam automaticamente os painéis PV na direção do Sol, seguindo o seu movimento durante o dia (Silva, 2010).

Sistemas autónomos fotovoltaicos são independentes da rede de serviços públicos, provando muitas vezes ser rentável quando não há ligação à rede por perto. É uma tecnologia ideal para zonas rurais e países em desenvolvimento. Nos sistemas que usam energia durante o horário noturno requere-se uma bateria para armazenamento (WADE, 2003). Para determinar a energia produzida anualmente pelo painel, encontra-se demonstrado na equação 2.2:

$$Energia\ \left(\frac{kWh}{ano}\right) = P_{nominal}(kW) \times N^{\underline{o}}\ de\ Horas\ de\ Sol(\frac{h}{ano}) \qquad (2.2)$$

A tecnologia solar fotovoltaica apresenta um grande leque de vantagens, como:

- Não há peças mecânicas em células fotovoltaicas, eliminando o 'desgaste' do equipamento, o que redunda em benefício quando aplicado em locais isolados;

- De montagem simples e adaptável a várias necessidades energéticas (permite ser dimensionado desde mili-watts até kilowatts);
- Manutenção quase inexistente (não necessita combustível, transporte, nem trabalhadores altamente qualificados);
- Produto final não é poluente, é silencioso e não perturba o ambiente.

No entanto, esta tecnologia apresenta também algumas desvantagens:

- O fabrico dos módulos fotovoltaicos necessita de tecnologia muito sofisticada implicando um custo de investimento elevado;
- Rendimento de conversão dum módulo é baixo, face ao investimento;
- Não produz energia durante a noite e em condições de nebulosidade reduz a eficiência em 5 a 20% da produção a pleno sol;
- Os geradores fotovoltaicos raramente são competitivos do ponto de vista económico, face a outros tipos de geradores (ex. geradores a gasóleo);
- Quando é necessário proceder ao armazenamento de energia sob a forma química (baterias), o custo do sistema fotovoltaico torna-se ainda mais elevado (WADE, 2003).

2.3.2 Microturbinas Eólicas

Microturbinas eólicas são turbinas de pequena escala que convertem a energia cinética do vento em energia elétrica, com uma capacidade máxima de produção, normalmente entre 0,1e 5kW e, geralmente, existem dois tipos diferentes de microturbinas eólicas; turbinas com rotor de eixo horizontal e as turbinas com um rotor de eixos verticais. As turbinas horizontais são concebidas para cidades onde existe maior dificuldade em reorientar devido à constante mudança de direção do vento, o que é um aspeto importante. Os sistemas com rotor de eixo vertical, são especialmente concebidos para o ambiente rural (Haringa,2010).

Uma turbina eólica é composta pelos seguintes elementos (ver figura 2.7):

- *Torre*, possibilita elevar a turbina eólica até ventos mais regulares na camada limite atmosférica;

- *Nave ou "nacelle",* contém o sistema mecânico que move o gerador;
- *Veio,* permite rotação das pás e transmite energia mecânica ao gerador;
- *As pás ou hélices,* permitem "absorver" a energia cinética do vento.

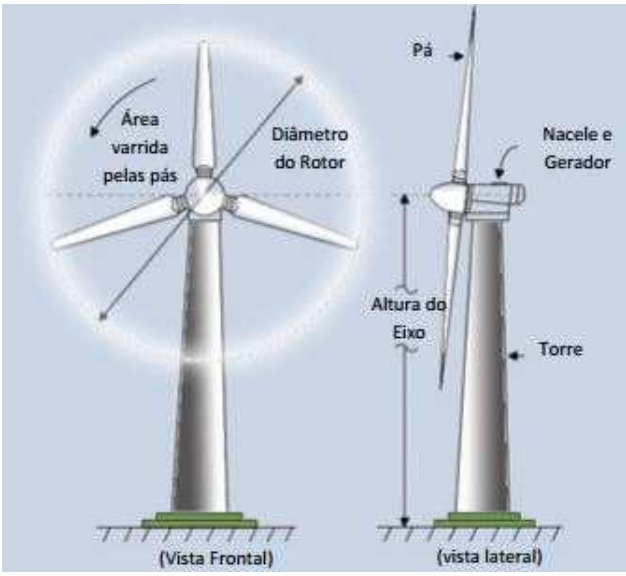


Figura 2.7 - Esquema de um Micro-aerogerador (Salino,2011)

O cálculo da potência útil à saída da turbina eólica obtém-se pela aplicação da equação 2.3:

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times C_p \times A \times v^3 \tag{2.3}$$

Onde,

P é a potência máxima de uma turbina eólica em W;

A é a área varrida pela turbina;

ρ é a massa especifica do ar (aproximadamente 1,225) em kg/m$^{3;}$

Cp é o coeficiente de Betz (igual a 0,593);

v é a velocidade do ar, em m/s (Sá, 2010).

A velocidade do vento demasiado elevada pode constituir um problema sério para o funcionamento das turbinas eólicas, não só colocando problemas de resistência do material, mas também de segurança e de travagem da maquinaria.

A tecnologia eólica apresenta vantagens, entre as quais:

- As instalações são móveis, e quando retiradas, pode-se refazer toda a área utilizada;
- Não polui e é uma fonte de energia segura e renovável.

E as suas desvantagens são:

- Caso não haja vento, não há produção de energia;
- Interferência nos sinais de televisão e de rádio;
- Custo inicial das turbinas muito elevado (CEEETA, 2001).

2.3.3 Mini-hídricas

As mini ou micro hídricas consistem na construção de pequenos açudes ou barragens que desviam uma parte do caudal do rio para o devolverem num local desnivelado (onde são instaladas as turbinas), produzindo assim eletricidade que é depois distribuída. Atualmente, opta-se pela instalação destes aproveitamentos de energias hídricas em pequena escala, devido ao seu baixo impacto ambiental.

A tecnologia aplicada em sistemas hidro depende da escala do projeto e da topografia circundante. Os sistemas mini-hídricas são, normalmente, 'Run Of River' desta forma o fluxo do rio não para e evitam-se problemas ambientais, como a inundação de vales fluviais, o rompimento de níveis dos rios sazonais ou a mortalidade dos peixes. Os projetos maiores necessitam de retenção de água sob a forma de uma barragem ou açude (WADE, 2003).

Não é possível generalizar sobre os tempos de retorno de investimento nas mini-hídricas, pois as taxas de fluxo dos rios e ribeiros variam de estação para estação e de ano para ano. Este facto dificulta o cálculo do período de retorno do investimento, mas, normalmente, recorre-se à previsão a partir de condições de tempo, medidas de mesa de água, etc. Assim, os retornos podem ser calculado nessa base, de projeto para projecto (Fisher et al., 2008). Na figura 2.8, podemos visualizar alguns exemplos de mini-hídricas.

Figura 2.8 - Exemplos de Mini-hídricas (Pires; Pincante, 2007)

A grande parte das mini-hídricas retira partido da energia potencial da água que se consegue formar através da altura de queda. Assim sendo, a potência é expressa pela equação 2.4:

$$P = \mathrm{g} \times H \times Q \tag{2.4}$$

Onde,

P é a potência instalada (kW);

g é a aceleração da gravidade (9,81 m/s2);

H é a queda útil (m);

Q é o caudal (m3/s) (Sá, 2010).

As mini-hídricas possuem as seguintes vantagens:

- Permite a integração de turbinas com a paisagem circundante minimizando o nível de impacto ambiental (em sistemas 'Run of the River');
- A longa vida de sistemas hídricos, juntamente com o "combustível" livre, pode permitir a produção de eletricidade de baixo custo;
- Reaproveitamento de instalações abandonadas, por exemplo antigos moinhos, permitindo a produção de energia com novo equipamento;
- Esta é uma tecnologia simples e, quando envolvida em pequena escala hidro, torna-a uma fonte de alimentação ideal para locais remotos.

No entanto, esta tecnologia apresenta as seguintes desvantagens:

- A adequação de um local depende da segurança do abastecimento de água e da cabeça de volume ou fluxo disponíveis;
- A técnica de "Run of the River ' não oferece armazenamento de água para períodos de seca;
- A saída da turbina é, essencialmente, regulada pelo fluxo do rio ou zona de captação de água;
- Produção excedentária de eletricidade é desperdiçada sem uso ou armazenamento adequado para as horas de pico (WADE, 2003).

2.3.4 Micro-cogeração

Cogeração (CHP) é uma técnica que se baseia no aproveitamento do excesso de calor libertado em processos industriais ou na produção de eletricidade centralizada, capturando transformado numa aplicação útil, como fins de aquecimento doméstico ou industrial. Portanto, a CHP utiliza o calor que seria desperdiçado numa central elétrica convencional atingindo, potencialmente, uma eficiência de cerca de 70% ou até mais em melhores aplicações, em comparação com cerca de 40% para as plantas convencionais.

A Micro-cogeração (micro-CHP) é uma modificação em pequena escala do conceito de cogeração de calor e eletricidade a nível doméstico. Em contraste com as plantas de CHP mais industriais, a micro-cogeração, geralmente, satisfaz a necessidade de calor, com a produção de eletricidade como produto secundário. A Micro-cogeração é, portanto, concebida para substituir os sistemas convencionais de aquecimento doméstico, com a caraterística adicional de produção de eletricidade (figura 2.9). A eletricidade produzida desta forma pode ser utilizada dentro de casa ou da empresa, ou, se permitido pela gestão de rede, pode ser vendida para a rede de energia elétrica. A eficiência termodinâmica dos sistemas micro-CHP pode ultrapassar os 98%, se o sistema de aquecimento for aplicado de forma similar aos convencionais sistemas de aquecimento de habitações (Faber et al, 2008).

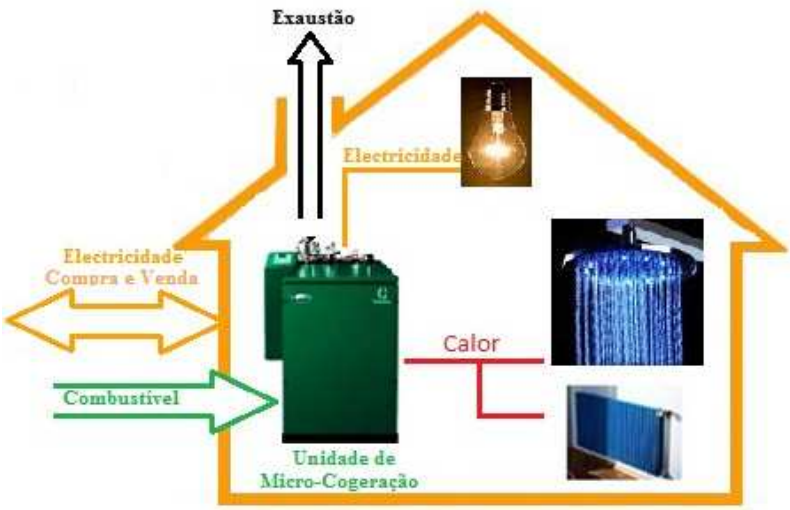


Figura 2.9 – Princípios de funcionamento da Micro-cogeração

No mercado de fornecimento de energia através da micro-cogeração, existe uma competição entre várias tecnologias que são adequados para edifícios residenciais que podemos visualizar na figura abaixo (figura 2.10).

Figura 2.10 – Tecnologia de Micro-cogeração para edifícios (adaptado Boehnke, 2007)

As caraterísticas das diferentes tecnologias e as suas principais vantagens/ desvantagens para a produção de energia nos edifícios, serão discutidos nos subcapítulos seguintes.

2.3.4.1 Motores de Combustão Interna

Os motores de combustão interna (MCI) podem ser definidos como máquinas que obtêm energia mecânica através da energia química contida no combustível. Os motores de combustão interna são ligados a um gerador que transforma a energia mecânica resultante da combustão em energia elétrica. O calor da exaustão dos gases e

o ciclo de arrefecimento do motor é aproveitado por permutadores de calor e ligado ao sistema de aquecimento (Pereira, 2009).

Os motores de combustão interna são de dois tipos: de *explosão* (ignição por faísca), que usam normalmente o gás natural como combustível, embora também possam recorrer ao propano ou à gasolina, e de *ignição* por compressão que operam com gasóleo (diesel).

Existe uma grande variedade de MCI no mercado que podem ir de 3 kW até vários MW e atingir altas eficiências de conversão elétrica e global de até 45% e 90%, respetivamente.

Sendo uma tecnologia madura, os custos de instalação da MCI pode rondar os €350por kW para motores a diesel e €500 por kW para motores de explosão (Boehnke, 2007).

Os motores de combustão interna têm vantagens face a outras tecnologias, nomeadamente:

- Rendimento elétrico elevado;
- Bom desempenho com carga parcial;
- Arranque rápido;
- Energia térmica a dois níveis de temperatura – Gases de escape e arrefecimento do motor;
- Manutenção no local com pessoal não especializado;
- Operação com gás a baixa pressão.

No entanto, esta tecnologia apresenta as seguintes desvantagens:

- Custos de manutenção anuais elevados;
- Calor de baixa temperatura;
- Emissões poluentes relativamente elevadas;
- Necessita de refrigeração;
- Ruído de baixa frequência (Rocha, 2008).

2.3.4.2 Microturbinas

Microturbina é um sistema de dimensões relativamente reduzidas, sendo constituída por um compressor de câmara de combustão, turbina e gerador elétrico, com uma potência total disponível entre 25-500 kW (ver figura 2.11) (WADE, 2003).

A microturbina (MT) é a uma outra forma moderna de combustão para produção de eletricidade. O princípio básico funcional das microturbinas consiste na queima do combustível comprimido que faz com que uma pequena turbina rode a velocidades muito altas. Essa turbina aciona um gerador que produz eletricidade. Devido às altas temperaturas de combustão, o calor de escape do processo permite a produção combinada de calor e de produção de energia elétrica.

Figura 2.11 - Microturbina a gás

Os geradores das turbinas foram originalmente desenvolvidos com maiores capacidades elétricas, mas, hoje, existem pequenos dispositivos que atuam com menos de 1 kW. Os ganhos de eficiência elétrica de uma microturbina rondam os 30%. Embora seja bastante baixa, comparando com os MCI, a eficiência de conversão global média de geração de micro turbina é mais elevada, e atinge valores de 85%.

O combustível mais comum para micro turbinas é o gás natural, mas pode trabalhar com combustíveis como o gás propano, diesel e biogás. Os custos de instalação de micro-turbinas são ligeiramente mais altos do que os de motores de combustão interna: €600 a €700 por kW (Boehnke, 2007).

As aplicações do calor produzido pela microturbina podem ser usadas para produzir vapor de baixa pressão ou água quente para utilização no local. Microturbinas

são também adaptadas para fornecer calor e eletricidade para pequenas aplicações comerciais, como restaurantes, hotéis e escritórios (WADE, 2003).

As microturbinas apresentam um grande número de vantagens, nomeadamente:

- Podem ser usadas para backup de energia para serviços públicos e aplicações comerciais, bem como para fornecer opções em corte de pico;
- Têm a capacidade de 'start Black', que permite ao sistema operar com ou sem uma interligação da rede;
- Elevado rendimento, na ordem dos 85%, com recuperação de calor.

Mas, como todos as tecnologias, esta também apresenta desvantagens:

- Eficiências elétricas relativamente baixas na ordem dos 20-30%;
- Preço da energia dependente do preço dos combustíveis;
- A eficiência é sensível a alterações nas condições ambientes (WADE, 2003).

2.3.4.3 Motores Stirling (SE)

O funcionamento do Motor Stirling (SE) baseia-se na queima do combustível como os MCI. Mas ao contrário destes, o motor de Stirling tem um cilindro fechado e efetua a queima do combustível por combustão externa, ou seja, do lado de fora do cilindro (figura 2.12). Ao iniciar a combustão, originam-se repetidos sistemas de aquecimento e de arrefecimento no interior do cilindro, provocando pressões alternadas de um determinado gás de trabalho (por exemplo, hidrogénio) localizado dentro do cilindro, movendo, assim, o pistão do gerador de condução. O calor produzido durante o processo de combustão pode ser recuperado, por exemplo, no aquecimento da água. Os SE estão disponíveis em tamanhos muito pequenos. No entanto, a maior parte deles têm capacidades elétricas acima de 500 W. Eles operam com uma eficiência de conversão elétrica até 40%, enquanto a sua eficiência global alcança 85%.

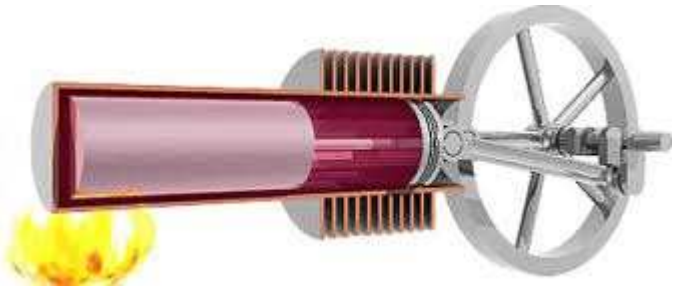


Figura 2.12 - Princípio de funcionamento de Motor Stirling (Castro2009)

Assim como as microturbinas, os SE's são frequentemente alimentados a gás natural, mas o processo de combustão externa torna-o extremamente flexível, permitindo a utilização de vários combustíveis (gasosos, líquidos e sólidos), especialmente de combustível de fontes renováveis como o biogás e a biomassa, que são opções interessantes. Os custos de investimento para motores Stirling, atualmente, são cerca de €1.300 por kW. Assim, pode-se classificar como a mais cara entre as tecnologias baseadas em combustão. No entanto, o resultado dos cilindros fechados, em comparação com MCI, mantém os custos de operação a um nível inferior. O funcionamento dos SE produz baixas emissões de NOx, portanto, obtém maiores benefícios ambientais, especialmente em combinação com a utilização de combustíveis renováveis. Além disso, os motores stirling produzem muito menos ruído e vibração do que os MCI, tornando-os ideais para a micro-cogeração de eletricidade e de calor sendo recomendado para aplicação em edifícios residenciais (Boehnke, 2007).

2.3.4.4 Pilhas de Combustível

Ao contrário das tecnologias baseadas em combustão anteriormente referidas, uma Pilha de Combustível (PC) gera energia através de processos eletroquímicos. As pilhas de combustível são um conjunto empilhado de células de combustíveis elementares nas quais se produz uma reação (ver figura 2.13) (Sá, 2010). A reação química básica subjacente às células de combustível é a combinação de hidrogénio e oxigénio para produzir eletricidade e água. O hidrogénio é introduzido por meio de uma fonte de combustível, enquanto o oxigénio é retirado do ar. Os principais componentes necessários para a construção da célula de combustível são dois elétrodos (um cátodo e um ânodo), um eletrólito que separa os dois elétrodos e um circuito externo, que liga os elétrodos e uma carga (Boehnke, 2007).

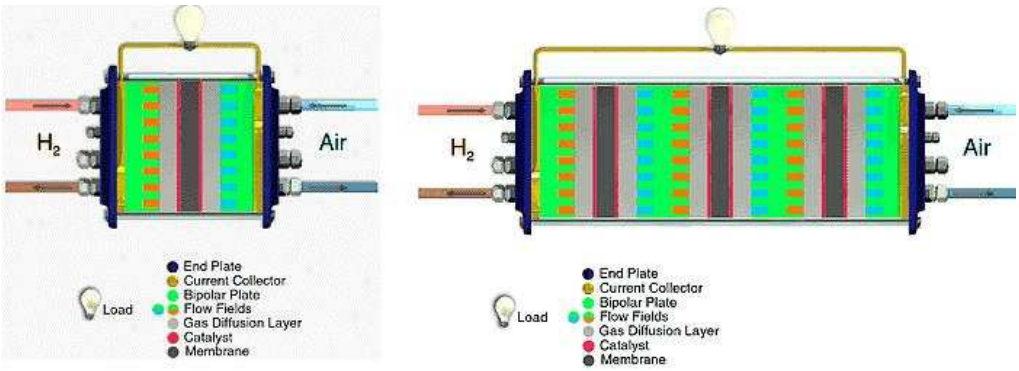


Figura 2.13 – a)Célula de combustível b)Pilha de combustível

Os diferentes tipos de células de combustível, podem alterar o material utilizado para o eletrólito. Para aplicação em instalações de micro-cogeração existe a possibilidade de troca da membrana da célula combustível, ou seja, podem usar-se células a combustível de: óxido sólido, metanol direto, ácido fosfórico e alcalinas.

Estas tecnologias de conversão podem ter diferentes tamanhos que variam de alguns watts (por exemplo, para telemóveis), a centenas de quilowatts para aplicações industriais. Mesmo as unidades mais pequenas podem atingir alta eficiência de conversão elétrica e global de cerca de 50%e 85%, respetivamente. Apenas alguns fabricantes atingiram a fase de comercialização dos produtos devido aos preços elevados. No entanto prevê-se que isso se altere num futuro próximo, diminuindo o preço para 2.000 euros por kW.

A produção de eletricidade por meio de processos eletroquímicos também permite a operação virtualmente silenciosa e gestão de carga parcial excelente sem qualquer redução da eficiência de conversão (Boehnke, 2007).

As células de combustível têm requisitos mínimos de manutenção. Os sistemas de fornecimento de combustível e sistema de reformador quando necessitam de inspeção e manutenção são periódicos (uma vez por ano). As pilhas de células, por si só, não necessitam de manutenção até ao fim da sua vida útil (CEC, 2002).

As pilhas de combustível têm um grande número de vantagens:

- Rendimento não limitado pelo princípio de Carnot, podendo atingir um rendimento elétrico na ordem dos 60%;
- Possibilidade atingir os 90% de rendimento global se aproveitar os efluentes térmicos em processos de cogeração e ciclos combinados;

- Baixa emissão de CO_2, NO_x e sem emissões de SOx;
- Menores necessidades de refrigeração e menor emissão sonora;
- Facilidade de ampliações e modificações (Instalações modulares);
- Baixo custo de manutenção (ausência de peças moveis) e fácil instalação.

As desvantagens das pilhas de combustíveis são:

- Custo muito elevado;
- Tecnologia não muito madura a nível residencial (Sá, 2010).

3. Análise Financeira das Tecnologias de Microprodução e sua Implementação

Após o reconhecimento da legislação, tecnologias de microprodução e respectiva tarifa de remuneração, a escolha da tecnologia de microprodução deve ser tomada uma com base na maior probabilidade de sucesso. Para isso torna-se necessário fazer uma análise financeira, ponderando todos os factores que envolvem o investimento.

O presente capítulo, numa primeira secção (subcapítulo 3.1), identificará e descreverá os factores necessários para uma análise financeira das tecnologias de microprodução. Tal permitirá verificar qual das tecnologias é a mais vantajosa em termos de investimento e de retorno para um utilizador. Numa segunda secção (subcapítulo 3.2), apresentar-se-á a aplicação informática criada para apoiar o investidor na sua decisão, no momento de avaliar a escolha da tecnologia que lhe seja mais

favorável. Será explicada a sua concepção e descrever-se-á o funcionamento da referida aplicação.

3.1 Avaliação económica

São vários os critérios a considerar, para uma análise económica dos projectos de investimento em tecnologias de microprodução. Os que são habitualmente usados podem afigurar-se inteiramente objetivos, mas, na realidade, não o são totalmente. Há sempre uma margem de incerteza, pois contam com despesas e receitas futuras, não inteiramente controláveis. Sendo assim, é mais correcto falar-se em obter uma previsão ou estimativa dos dados necessários à análise de um projecto do ponto de vista económico.

Os indicadores de avaliação de investimentos mais usados na avaliação de projetos de investimento em centrais de produção de energias são: o Payback, o VAL e o ROI. Na figura 3.1, poderemos visualizar um algoritmo do modelo de avaliação económica implementado na aplicação, para cada tecnologia de microprodução.

Figura 3.1 - Fluxograma da Avaliação Económica

3.1.1 Cash-Flow do Projecto

Os objetivos de um projeto só serão alcançados quando e se este gerar fluxos monetários positivos, que permitam pagar-se a si mesmo e deixar, no mínimo, uma remuneração aos investidores, equivalente a uma aplicação alternativa no mercado de capitais ou outro. Quando o objetivo do estudo económico for o cálculo dos custos dos produtos finais ou a comparação de projetos, torna-se fundamental, na decisão entre duas ou mais opções, o cálculo dos fluxos monetários destes, normalmente referido como cash-flow.

Conhecer a estimativa da energia produzida, num determinado ano, pelos sistemas de microprodução e saber a tarifa desse ano permitem estimar a remuneração do respetivo ano. Ao supor que a energia produzida será de valor constante ao longo dos anos até ao fim de vida do projeto, através da equação 3.1, poder-se-á estimar o cash-flow anual de um determinado projeto:

$$Cash - Flow = [E_{anual} \times tarifa] - C_{o\&m\ j} \tag{3.1}$$

onde,

E_{anual} em (kWh) - é a energia produzida pelo equipamento num determinado ano, tarifa em €/kWh, corresponde ao valor ao qual o investidor recebe num determinado ano;

$C_{o\&mj}$ em euros - refere-se ao total da despesa para o bom funcionamento do equipamento.

3.1.2 Valor Atual Liquido (VAL)

O critério do valor atual líquido é o critério de avaliação favorecido por quase todos os manuais de avaliação financeira de projetos, principalmente por ser o critério mais consistente no contexto da seleção de projetos mutuamente exclusivos (Silva, 2003).

O valor atual líquido (VAL) é a diferença entre as entradas e as saídas de dinheiro, os chamados fluxos monetários, devidamente atualizados, durante o período de vida útil do projeto. O VAL é um fator financeiro que permite avaliar investimentos

através da comparação entre as remunerações anuais gerados por um projeto e o capital investido. Este pode ser calculado pela equação 3.2.

$$VAL = \sum_{j=1}^{n} \frac{\text{Cash-Flow j}}{(1+i)^j} - It \tag{3.2}$$

Onde,

n é o número de anos de vida útil do projeto;

It é o investimento total atualizado para o ano 0;

i é a taxa de atualização .

Uma das vantagens desta análise é a possibilidade de ser convertida num critério de decisão quanto à viabilidade económica do projeto. Este conceito ou fator de decisão económico é apresentado de seguida:

- Se o VAL> 0, verifica-se a integral recuperação e adequada remuneração dos capitais investidos, permitindo a criação de excedentes e cobertura dos riscos assumidos;
- Se o VAL=0, o projeto continua a ser interessante. No entanto recomenda-se a reanálise dos pressupostos assumidos e considera-se o caso limite para o investimento;
- Se o VAL <0, o projeto considera-se a partida economicamente inviável (Moreira, 2010).

O critério do VAL é um critério que atende ao valor do dinheiro no tempo, valorizando os cash-flows atuais mais do que os cash-flows futuros, e admite como hipótese implícita que os cash-flows gerados pelo projeto são reinvestidos à taxa de atualização do projeto.

Este critério, embora seja preferido por todos os manuais de avaliação de projetos, pela sua coerência, simplicidade de cálculo e consistência no contexto da seleção de projetos, possui alguns inconvenientes, tais como a sensibilidade face à taxa de atualização, e o facto de não ter em consideração a solvabilidade do projeto. O critério aceita um projeto com cash-flows negativos ao longo da sua vida, desde que no último ano o cash-flow gerado origine um VAL positivo, e um projeto nestas condições tende a ter problemas de tesouraria. A escolha de um projecto com VAL positivo é

sempre vantajosa, sendo aquele tanto mais interessante quanto mais elevado for o seu valor (Silva, 2003).

3.1.3 Retorno do investimento (ROI)

O retorno do investimento (ROI) é uma medida da rendibilidade efetiva do projeto por unidade de capital investido. O seu cálculo é efetuado através da equação 3.3.

$$ROI = \frac{\sum_{j=1}^{n} \text{Cash-flow j}}{It} \tag{3.3}$$

O ROI mede a relação entre o valor atual dos fluxos líquidos positivos do investimento e o valor atual dos capitais investidos.

O índice de rendibilidade de um projeto está relacionado com o respetivo valor atual líquido:

- Se o ROI= 1, então o valor atual líquido do projeto é nulo;
- Se o ROI> 1, então o valor atual líquido do projeto é superior a zero, o que torna o projeto aceitável (o projeto é rentável);
- Se o ROI <1, então à taxa de atualização usada o valor atual líquido do projeto é negativo, o que faz com que este não seja rentável (Moreira, 2010).

3.1.4 Período de Recuperação do Capital (Payback)

O período de retorno do capital, como o próprio nome indica, traduz o período temporal, ou a quantidade de tempo, necessário à recuperação dos capitais investidos, ou seja, representa o tempo que o projeto demora a pagar-se a si próprio e é medido em dias, meses ou anos. O período de retorno do capital a utilizar no presente modelo é dado pela equação 3.4.

$$\sum_{j=1}^{P} \frac{Cash-flow\ j}{(1+i)^j} \geq It \tag{3.4}$$

Onde,

P é o período de recuperação do capital investido;

It o valor do capital investido.

Este fator é bastante importante para avaliação de projetos de contexto de risco elevado e para avaliação de projetos com vida limitada como é o caso das tecnologias de microprodução. Este índice na aplicação, permite também ajudar a verificar qual das tecnologias tem um Payback mais curto, podendo ser um fator de decisão para o utilizador (Moreira, 2010).

Para que um projeto seja aceitável, o período de recuperação deve ser inferior a um período máximo fixado pelo investidor. A fixação deste período máximo admissível é subjectiva não existindo regras que o permitam justificar. Um projeto de investimento é tanto mais interessante quanto menor for o período de recuperação (Silva, 2003).

3.2 Implementação da Ferramenta Informática de Apoio à Avaliação Económica

Para a criação da aplicação de apoio à decisão da tecnologia renovável usou-se a ferramenta de Excel. A opção por esta ferramenta deve-se ao facto de ser um software com uma capacidade computação poderosa, facilidade de criação de bases de dados e, normalmente, utilizado por engenheiros e estudantes. Para além disso, como a base de dados desta aplicação é pequena, a utilização desta ferramenta, torna possível criar e gerar as fórmulas e ao mesmo tempo, gerir os dados para obtenção dos resultados.

3.2.1 Descrição da aplicação informática

A aplicação informática foi desenvolvida com a interligação das várias células para inserção de dados e a criação de uma folha de dados/cálculos para cada tecnologia que se deseja comparar. Esta folha de cálculo é também responsável pela interação entre os modelos computacional e o utilizador, facilitando a visualização de dados e a escolha das diversas opções. Na figura 3.2, encontra-se um esquema com as diferentes etapas da aplicação.

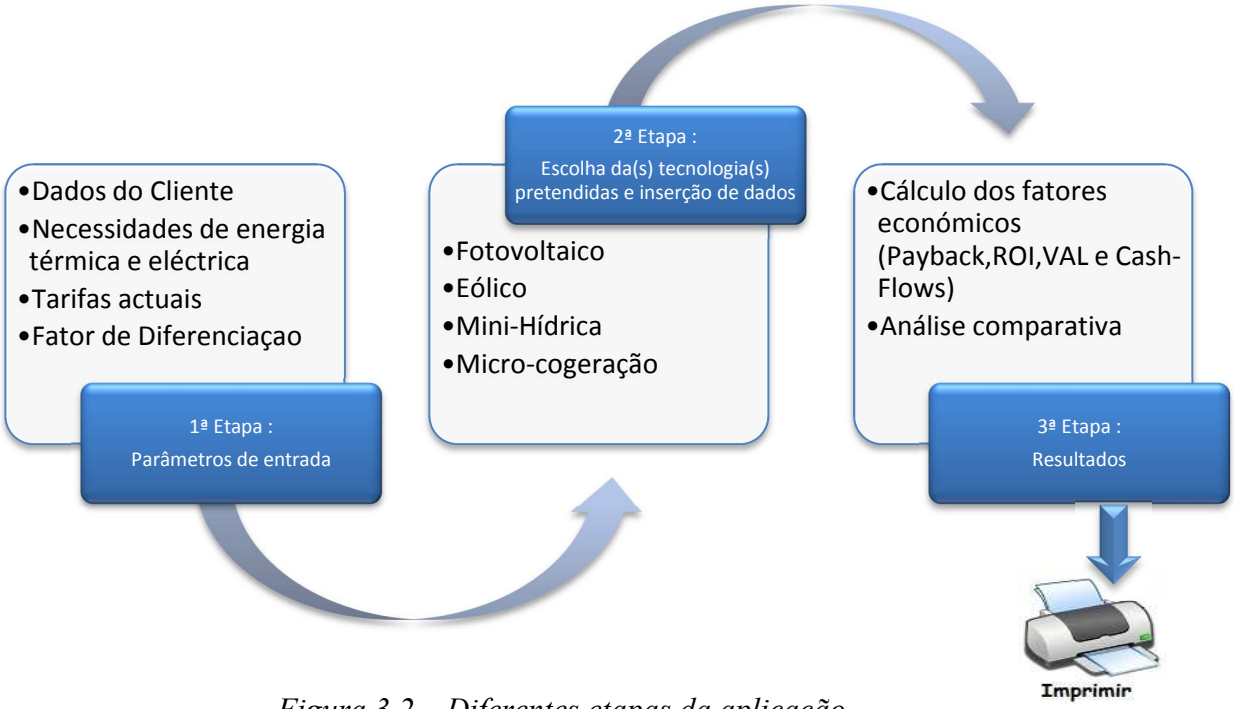


Figura 3.2 – Diferentes etapas da aplicação

Verifica-se que, na primeira etapa, existem parâmetros comuns a todas as tecnologias, ou seja, o nome do cliente, custo de energia (preço do combustível, eletricidade etc…), o valor das tarifas de remuneração por kWh e o fator de diferenciação imposto por lei. Estes parâmetros servirão de auxílio para o cálculo de todos os rendimentos.

A segunda etapa passa pela escolha das tecnologias que se pretendem comparar e obter os fatores económicos, consoante o equipamento que tem em mente adquirir e comparar.

A terceira e última etapa consiste na obtenção dos fatores económicos (Payback, ROI, VAL e Cash-Flows) de cada tecnologia. Será calculado consoante os dados que foram inseridos na aplicação. Serão esses dados que permitem a comparação de cada tipo de tecnologia entre si.

3.2.2 Princípios de funcionamento da aplicação informática

A aplicação informática foi construída em Excel, conforme já mencionado anteriormente.

Esta inicia-se com uma *Folha de rosto* conforme se pode visualizar na figura 3.3.

Figura 3.3 - Folha de rosto da aplicação

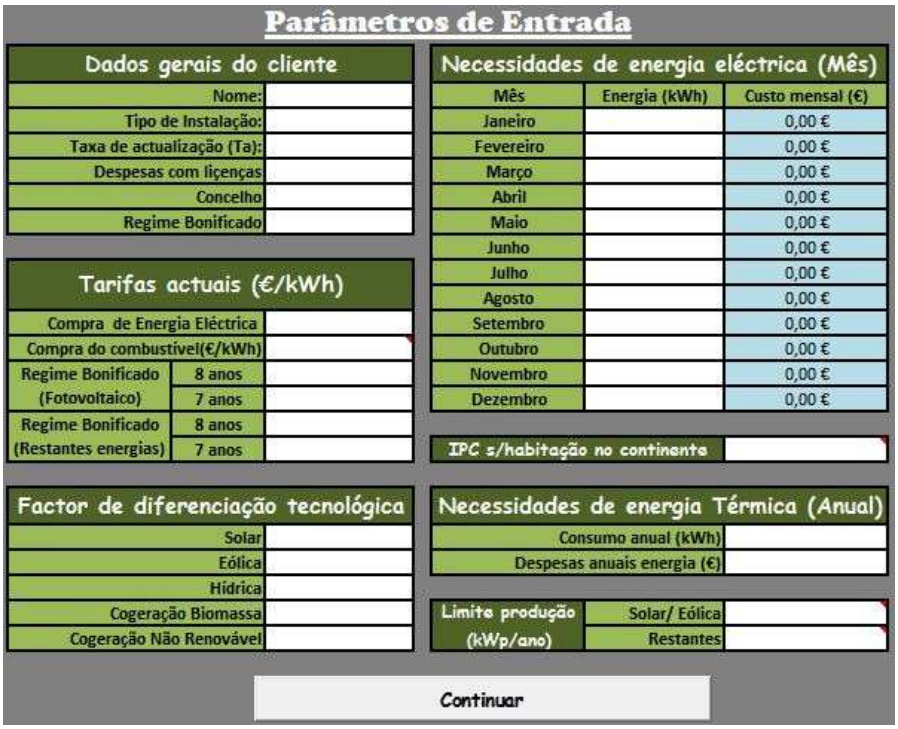
Esta folha, para além de referir o título da aplicação e o seu autor, apresenta uma explicação simples sobre as células de preenchimento obrigatório (célula de introdução de dados) e as células de preenchimento automático. É de salientar que as referidas células apresentam cores diferentes, isto é, todas as células de cor branca requerem preenchimento com os respetivos dados exigidos, ao passo que, as células de cor azul não o requerem, pois são células que contêm fórmulas pré-definidas, que permitirão o funcionamento da aplicação. Para além disso, esta folha é ainda composta por um botão com o nome "*Iniciar*" que permite, como o próprio nome indica, dar início à simulação propriamente dita.

Conforme já mencionado anteriormente e exposto na figura 3.2, a aplicação está organizada em 3 etapas: *Parâmetros de Entrada, Escolha das Tecnologias (Inserção de dados) e Resultados*.

Ao clicar sobre o botão "Iniciar" da *Folha de rosto*, este permite começar a aplicação, encaminhando para a *Folha de Parâmetros de Entrada* (1ª etapa da aplicação).

Esta é constituída por diversas tabelas a preencher, entre as quais:

- Dados gerais do cliente (nome, tipo de instalação, taxa de atualização, despesas com licenças, concelho, regime bonificado);
- Tarifas atuais (valores atuais da energia tanto de compra como de venda, que se encontra enunciado na Portaria n.º 431/2012 de 31 de dezembro – patentes no capítulo 2.2.2);
- Fator de diferenciação tecnológica (fator que faz distinguir a remuneração das diferentes tecnologias, que se encontra enunciado no Decreto-Lei n.º 25/2013 de 19 de fevereiro – patentes no capítulo 2.2.2);
- Necessidades de energia elétrica mensal (dados das faturas);
- IPC sem habitação no continente (corresponde ao índice de preços no consumidor, que pode ser obtido no site www.ine.pt, sendo importante para calcular a tarifa em regime geral);
- Necessidades de energia térmica anual (consumo de energia térmica anual e as despesas com a mesma);
- Limite de produção (valor máximo estipulado para a venda de eletricidade por kW instalado patente no Decreto-Lei n.º 25/2013, de 19 de fevereiro – capítulo 2.2.2) (figura 3.4).



Parâmetros de Entrada

Dados gerais do cliente	
Nome:	
Tipo de Instalação:	
Taxa de actualização (Ta):	
Despesas com licenças	
Concelho	
Regime Bonificado	

Tarifas actuais (€/kWh)		
Compra de Energia Eléctrica		
Compra do combustível(€/kWh)		
Regime Bonificado (Fotovoltaico)	8 anos	
	7 anos	
Regime Bonificado (Restantes energias)	8 anos	
	7 anos	

Factor de diferenciação tecnológica	
Solar	
Eólica	
Hídrica	
Cogeração Biomassa	
Cogeração Não Renovável	

Necessidades de energia eléctrica (Mês)		
Mês	Energia (kWh)	Custo mensal (€)
Janeiro		0,00 €
Fevereiro		0,00 €
Março		0,00 €
Abril		0,00 €
Maio		0,00 €
Junho		0,00 €
Julho		0,00 €
Agosto		0,00 €
Setembro		0,00 €
Outubro		0,00 €
Novembro		0,00 €
Dezembro		0,00 €

IPC s/habitação no continente	

Necessidades de energia Térmica (Anual)	
Consumo anual (kWh)	
Despesas anuais energia (€)	

Limite produção (kWp/ano)	Solar/ Eólica	
	Restantes	

Continuar

Figura 3.4 – Folha de Parâmetros de Entrada

Ao concluir o preenchimento das tabelas, o utilizador seleciona o botão "Continuar", fazendo com que a janela "Parâmetros de Entrada" feche e todos os elementos introduzidos pelo utilizador sejam guardados e logo de seguida abra a janela "*Escolha da (s) Tecnologia (s)*"(2ª etapa da aplicação), ilustrada pela figura 3.5.

Figura 3.5 – Folha de Escolha de Tecnologia

Esta janela é composta por um botão com o nome de cada tecnologia existente, facilitando o encaminhamento para a tecnologia que se está a pensar comparar. Ao clicar no botão pretendido, irá ser encaminhado para a respetiva folha da tecnologia selecionada, a qual deve ser preenchida com alguns dados.

No caso de o utilizador carregar no botão "Fotovoltaico", este é encaminhado para uma folha onde deve proceder ao preenchimento dos dados requeridos, isto é, todas as células de cor branca (figura 3.6). Estes dados estão relacionados com o equipamento que pretende adquirir e os custos que vai ter com este, como por exemplo gastos com manutenção. Verifica-se que nesta folha existe um mapa de Portugal, que já foi apresentado no capítulo 2, que serve de apoio para o preenchimento da célula denominada "número de horas de sol por ano". Esta célula, não se encontra diretamente relacionada com o equipamento mas sim com a localização da instalação, pois em todo o território nacional, o número de horas de sol, não é constante (é de salientar que o utilizador ao consultar o mapa de apoio, só deverá considerar 70% do valor indicado neste, pois o número de horas de sol indicado na imagem não é aproveitado na totalidade pelo equipamento solar).

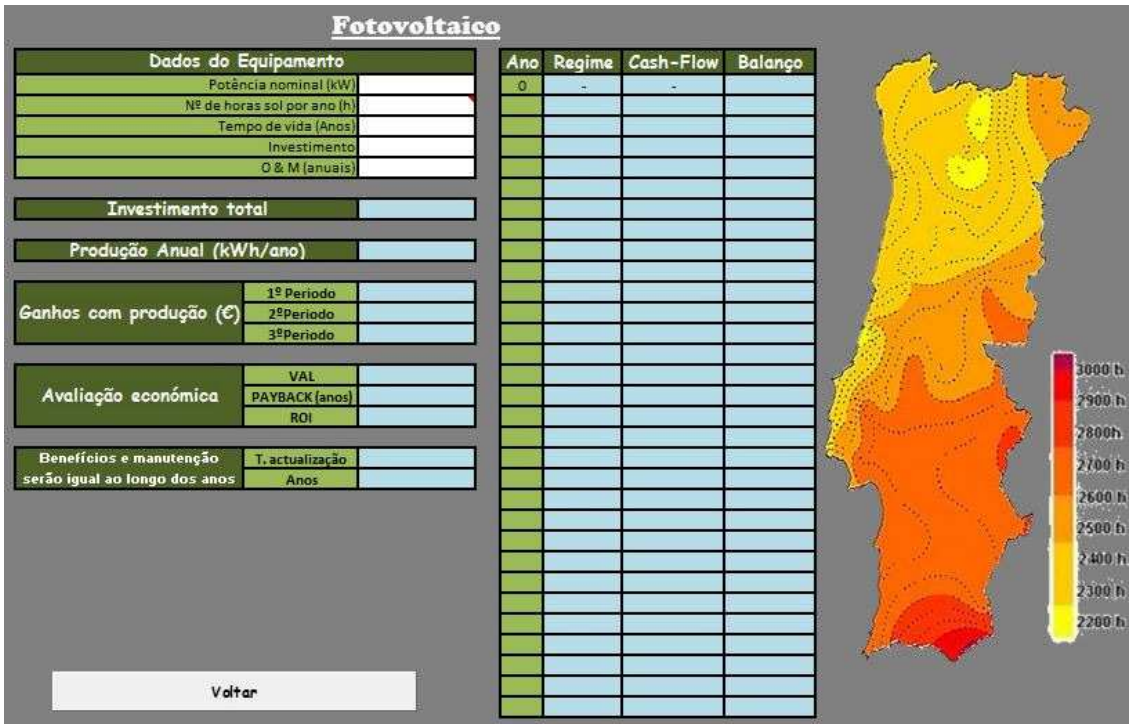


Figura 3.6 – Folha de cálculo da Tecnologia Fotovoltaico

Após o preenchimento das células de cor branca, serão, automaticamente, gerados os dados necessários para avaliação económica sobre esta tecnologia, nomeadamente o VAL, Payback e ROI (através das equações 3.2, 3.4 e 3.3 respetivamente). Estes dados serão importantes para apoiar a decisão da escolha de entre os diversos equipamentos disponíveis.

Tendo preenchido as células com os dados já referidos, o cliente deve clicar sobre o botão "Voltar", para regressar para à janela "Escolha da (s) Tecnologia (s)"(figura 3.5) e assim escolher a tecnologia seguinte. Após o clique, todos os dados inseridos nesta folha, são automaticamente gravados. Este passo deve ser repetido depois do preenchimento dos dados da folha de uma tecnologia, para poder escolher uma nova tecnologia.

Quando o utilizador clica sobre o botão "Eólico" é encaminhado para uma outra folha onde deve preencher todos os dados requeridos, como ilustrado na figura 3.7.

Figura 3.7 – Folha de cálculo da Tecnologia Eólico

Assim como na folha do Fotovoltaico, todas as células de cor branca são de preenchimento obrigatório e encontram-se relacionados com os dados do equipamento e as despesas necessárias para o seu funcionamento. Surgirá também um mapa de Portugal (já referido no capítulo 2), que serve de apoio ao preenchimento da célula "número de horas de vento por ano" que, embora não esteja relacionado diretamente com o equipamento mas sim com a localização deste, irá influenciar os valores de preenchimento automático, nomeadamente no cálculo da produção anual do equipamento. Tal como na folha do fotovoltaico, a aplicação informática fornecerá, automaticamente, os cálculos dos fatores de decisão económica (VAL, Payback e ROI através das equações 3.2, 3.4 e 3.3, respetivamente).

No caso de o utilizador, ao selecionar a tecnologia que pretende comparar, (figura 3.5) optar por clicar no botão "Mini-Hídrica", irá ser encaminhado para a folha mini-hídrica (figura 3.8). O preenchimento desta folha é similar ao das duas tecnologias anteriormente mencionadas. Contudo, nesta folha não existe nenhum mapa de apoio para o campo "número de horas de funcionamento". Esses dados serão obtidos estimando o caudal máximo que o utilizador deve conhecer, bem como o período em que este se encontra nesse máximo.

Figura 3.8 – Folha de Cálculo da Tecnologia Mini-hídrica

Por fim, se o utilizador selecionar a tecnologia "Micro-cogeração", clicando no botão com o referido nome (figura 3.5), abrirá uma nova janela. Terá, então, de preencher os dados nas células brancas, tal como foi indicado para as tecnologias anteriores (figura 3.9).

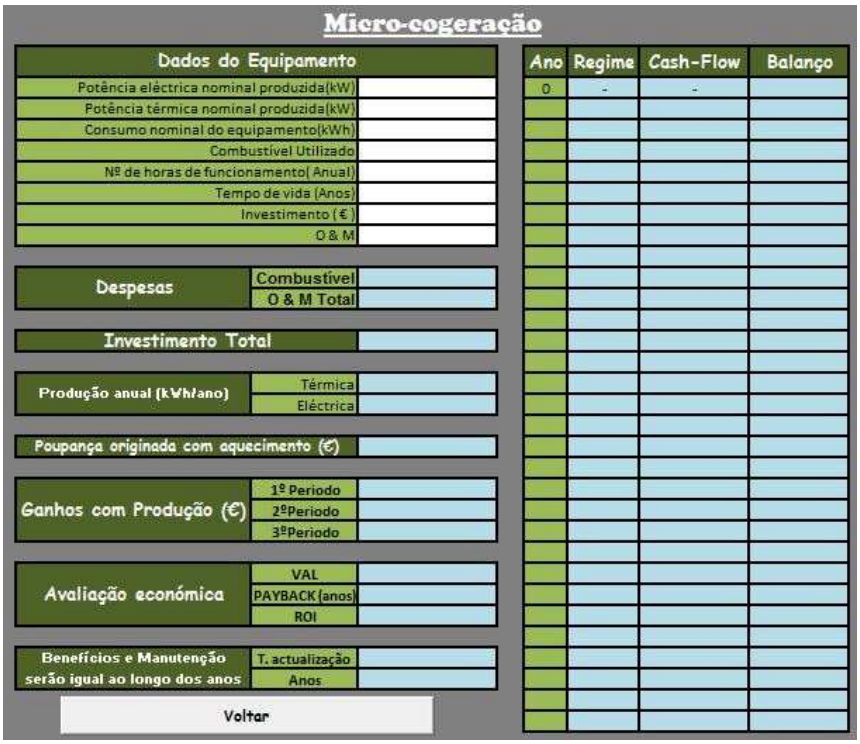


Figura 3.9 – Folha de Cálculo Micro-cogeração

Depois de preenchidos os campos das tecnologias em análise, a inserção de dados fica concluída, podendo passar-se à fase seguinte, 3ª e última etapa da aplicação informática: *Resultados*. O utilizador, para passar a esta fase, precisa apenas de selecionar o botão "Resultados" (figura 3.5), sendo, de imediato, encaminhado para a folha dos resultados obtidos (figura 3.10).

Figura 3.10 – Folha de demonstração dos resultados

Nesta folha de resultados, o utilizador não terá necessidade de preencher qualquer célula e poderá visualizar o resumo dos fatores económicos das tecnologias de microprodução que deseja comparar, para que possa ter uma melhor noção da recuperação do investimento (caso esta se venha a verificar), futuramente. Esta folha inclui os gráficos dos Cash-Flows de cada tecnologia que escolheu, um gráfico que permite comparar a eletricidade consumida pelo edifício em questão e a produzida por cada tecnologia selecionada e uma tabela que permite visualizar os fatores económicos para cada tecnologia.

Depois da avaliação económica estar concluída, o processo fica terminado e o utilizador poderá imprimir um resumo dos resultados obtidos na aplicação, clicando no botão "Imprimir" (figura 3.10).

4. Casos de Estudo

Nos capítulos anteriores foi feito um enquadramento da microprodução no panorama português, da legislação em vigor, bem como das tecnologias de microprodução existentes.

Foram ainda identificados e explicados os fatores económicos requeridos para uma análise financeira e procedeu-se a uma descrição da ferramenta informática desenvolvida no âmbito desta dissertação, que permitirá realizar a análise económica dos diferentes tipos de microprodução existentes (fotovoltaica, eólica, mini-hídrica e micro-cogeração).

Neste capítulo irão ser apresentados dois casos de estudo:

- Caso A: Edifício habitacional unifamiliar;
- Caso B: Edifício industrial com zona comercial.

Para cada caso de estudo definido foram efetuadas análises dos quatro tipos diferentes de tecnologias de microprodução, do ponto de vista económico, tendo em conta o enquadramento legal aplicável, assim como a localização da instalação, com recurso à ferramenta desenvolvida. Foram ainda analisados os diferentes cenários propostos, comparando cada tecnologia de microprodução entre si.

Assim, nos próximos subcapítulos, descrevem-se os casos em estudo no que diz respeito às necessidades energéticas, à localização, às caraterísticas das tecnologias selecionadas e ao tarifário aplicável. Por fim, são apresentados e analisados os resultados da simulação para cada caso em estudo.

4.1 Caso A: Edifício Habitacional Unifamiliar

O presente caso de estudo refere-se a um possível investidor indeciso, que reúne condições para microprodução com tarifa bonificada. Este pretende investir na sua residência unifamiliar, localizada no concelho de Santa Maria da Feira (figura 4.1).

Figura 4.1 - Localização e fotografias do Edifício habitacional unifamiliar

O empreendimento referido corresponde a uma habitação do tipo "T3", constituído por dois pisos, implantada em terreno pouco acentuado. No final do terreno, existe um pequeno ribeiro com um caudal desconhecido (para efeitos de estudo considera-se que o caudal do ribeiro é igual ao caudal de admissão do equipamento hídrico que se pretende estudar) (figura 4.2).

Figura 4.2 - Localização do ribeiro

É um edifício com 15 anos de existência, tem uma potência contratada de 10,35 kVA e cumpre os requisitos para ser microprodutor.

O proprietário não tem na sua posse qualquer combustível de tipo energia renovável (Biogás, biomassa), de tal forma que, caso a tecnologia de micro-cogeração seja mais favorável ele terá de adquirir o combustível. É de salientar ainda que, a moradia se encontra numa zona onde é possível a ligação à rede natural de gás.

4.1.1 Consumo energético

A moradia, no ano de 2012, gastou um valor mensal de 65€, visto que o proprietário aderiu «à fatura certa», efetuando o ajuste no final do ano. Este valor corresponde a um consumo energético de aproximadamente 590,91kWh mensal.

O aquecimento da casa é feito através de pequenos radiadores elétricos, cujo gasto mensal o proprietário desconhece, mas sabe-se que tem 5 radiadores funcionando somente nos meses de frio (novembro a abril) com um uso de 4 a 6 horas por dia. Cada equipamento tem uma potência de 1,2 kW, perfazendo um total de 6 kW.

Para o aquecimento de águas quentes sanitárias (AQS) do edifício, recorreu-se a um esquentador a gás natural. O consumo anual do esquentador ronda os 495 m^3 (5690 kWh) o que corresponde aproximadamente a 335€ anuais.

$$Necessidades\ térmicas = Energia_{radiadores} + ENERGIA_{AQS}$$

$$E_{consumida} = N^{\underline{o}}Horas\ anuais\ x\ Potência$$

$$E_{radiadores} = (\ 30\ diasx\ 6\ mesesx\ 6\ horas)x\ 6kW = \ 6480\ kWh$$

$$E_{esquentador} = 5690kWh\ *$$

*com um factor de conversão de 11,495454 (segundo a factura do mês da Lusitânia gás)

As necessidades térmicas rondam um consumo de energia de 12170 kWh por ano. Caso o utilizador veja o sistema de micro-cogeração viável para a sua habitação, este não terá o referido gasto, pois este sistema fornece energia elétrica e térmica simultaneamente.

4.1.2 Inserção dos dados na ferramenta informática

Após o conhecimento detalhado da instalação em estudo, procede-se à inserção dos dados na ferramenta informática desenvolvida.

Numa primeira fase, é preenchida a folha de parâmetros de entrada (figura 3.4) descrita anteriormente no capítulo 3.

Na tabela "Dados gerais do cliente", foram introduzidos os seguintes dados:

- ✓ *Tipo de instalação*: habitação unifamiliar (como descrito no início do presente capítulo);
- ✓ *Taxa de atualização*: 4% (valor que o investidor exige como prémio mínimo, ou seja, valor que impõe como forma de compensação do risco e da incerteza sobre o investimento a efetuar);
- ✓ *Despesas com licenças:* 750€ (custos que o cliente terá com as licenças para o licenciamento e autorização da microprodução);
- ✓ *Concelho:* Santa Maria da Feira (já mencionado no início do presente capítulo);
- ✓ *Regime bonificado:* Sim (como já supracitado, o utilizador possui uma licença para produção de energia em regime bonificado de tal forma, que vai permitir ao mesmo beneficiar de um remuneração um pouco mais alta que em regime geral).

Relativamente à tabela "Tarifas atuais", o utilizador deve introduzir os valores de compra que está a pagar ao fornecedor, conforme a respetiva energia, no momento em que se encontra a utilizar a aplicação (0,141€). Quanto aos valores das *tarifas de venda em regime bonificado,* devem ser introduzidos os valores das tarifas de remuneração deste regime a vigorar no momento em que pretende iniciar a produção. Esta tarifa é publicada a nível nacional pelo governo ou pela Direção Geral de Energia e Geologia.

Para o preenchimento da tabela *"*Fator de diferenciação tecnológica*"* foi consultada a legislação a vigorar no momento (neste caso, Decreto-Lei n.º25/2013 de 19 de fevereiro - subcapítulo 2.2.2).

Na tabela "Necessidades de energia térmica", o utilizador tem um gasto de 12170 kWh/ano e 1.198,18 € de despesas com esta. Em relação às "necessidades de

energia elétrica", o cliente tem um consumo de 590,91 kWh/mensal, ou seja, 7090,91 kWh/ano (conforme já afirmado no subcapítulo anterior).

No que concerne à tabela "IPC sem habitação no continente", tem-se que o índice é de 1,02 (obtido no site www.ine.pt conforme já explicado no capitulo 3.2.2).

Para a tabela "Limite de produção" foram introduzidos o valor de 24000 kWh/ano para as tecnologias fotovoltaico e eólica e 40000 kWh/ano para as restantes tecnologias (valores máximos estipulados no Decreto-Lei n.º 25/2013, de 19 de fevereiro – capítulo 2.2.2).

Na figura 4.3 podemos visualizar os dados gerais que foram descritos sobre o caso A.

Parâmetros de Entrada

Dados gerais do cliente	
Nome:	Habitação Unif.
Tipo de Instalação:	Habitação Un
Taxa de actualização (Ta):	4%
Despesas com licenças	750 €
Concelho	Stª Mª da Feira
Regime Bonificado	Sim

Tarifas actuais (€/kWh)		
Compra de Energia Eléctrica		0,141 €
Compra do combustível(€/kWh)		0,050 €
Regime Bonificado (Fotovoltaico)	8 anos	0,196 €
	7 anos	0,165 €
Regime Bonificado (Restantes energias)	8 anos	0,272 €
	7 anos	0,150 €

Necessidades de energia eléctrica (Mês)		
Mês	Energia (kWh)	Custo mensal (€)
Janeiro	590,91	83,32 €
Fevereiro	590,91	83,32 €
Março	590,91	83,32 €
Abril	590,91	83,32 €
Maio	590,91	83,32 €
Junho	590,91	83,32 €
Julho	590,91	83,32 €
Agosto	590,91	83,32 €
Setembro	590,91	83,32 €
Outubro	590,91	83,32 €
Novembro	590,91	83,32 €
Dezembro	590,91	83,32 €

IPC s/habitação no continente	1,02

Factor de diferenciação tecnológica	
Solar	100%
Eólica	80%
Hídrica	40%
Cogeração Biomassa	70%
Cogeração Não Renovável	40%

Necessidades de energia Térmica (Anual)	
Consumo anual (kWh)	12170
Despesas anuais energia (€)	1.198,18 €

Limite produção (kWp/ano)		
	Solar/ Eólica	2.400,00
	Restantes	4.000,00

Figura 4.3 - Folha de Parâmetros de Entrada do Caso A

Numa segunda fase, explica-se e apresenta-se quais os dados que foram introduzidos na aplicação referente a cada tecnologia que o investidor deseja comparar, de forma a decidir qual o equipamento mais rentável para o seu caso. Para a escolha dos equipamentos, o utilizador teve de ter em atenção que se encontra em regime bonificado com uma potência contratada de 10,35 kVA, logo o valor da potência do sistema deve ter um máximo de 3,68 kVA. Mesmo que o investidor optasse por um equipamento superior a esta potência, nesta aplicação, para efeitos de cálculo em regime bonificado, só serão considerados 3,68kVA.

Ao preenchimento da folha "Parâmetros de entrada", seguiu-se para a escolha das tecnologias. No que concerne à tecnologia fotovoltaica, o utilizador neste caso optou pela "Solução base", um equipamento pré-definido e comercializado pela EDP (anexo I – figura A.1). Assim, após a escolha do equipamento, procedeu-se ao preenchimento de todas as células a branco com os dados do referido equipamento na tabela "Dados do equipamento" da folha de cálculo apresentada no capítulo 3 (figura 3.6).

Após esta inserção, o próprio programa informático efetua os cálculos para o preenchimento das células a azul, conforme se pode visualizar na figura 4.4.

O "Investimento total" é obtido através da soma do *investimento* no equipamento com as *despesas com licenças* (presente na folha Parâmetros de entrada – figura 4.3).

Para efeitos de determinação da "Produção anual" utilizou-se a equação 2.2. (este valor poderá ser limitado em regime bonificado, caso o equipamento ultrapasse o *Limite produção* da folha "Parâmetros de Entrada"). Com este valor determina-se os *"*Ganhos com produção*"* nos três períodos, segundo a seguinte equação (equação 4.1):

$$\text{“}Ganhos\ com\ Produção\text{”} = \text{“}Produção\ Anual\text{“} \times \text{tarifa} \qquad (4.1)$$

Na última tabela, encontra-se uma coluna denominada *regime*. Esta possibilita que o utilizador verifique qual é o regime (bonificado e geral) mais vantajoso para ele (esta aplicação permite averiguar qual dos regimes compensa ao investidor em cada ano, indicando a tarifa mais compensatória para o mesmo. De salientar que a tarifa referida na equação 4.1 varia, assim, mediante o regime adotado como mais compensatório). De seguida, determinaram-se os valores do *"*Cash-flows*"*. Estes são obtidos através da equação 3.1. Estes dados permitem calcular os fatores necessários para o preenchimento da tabela "Avaliação económica", nomeadamente, o VAL através da equação 3.2, o ROI pela equação 3.3 e o Payback baseando-se na equação 3.4.

Fotovoltaico

Dados do Equipamento	
Potência nominal (kW)	4,5
Nº de horas sol por ano (h)	1680
Tempo de vida (Anos)	20
Investimento	9.850,00 €
O & M (anuais)	50,00 €

Investimento total	10.600,0 €

Produção Anual (kWh/ano)	7560

Ganhos com produção (€)		
	1º Periodo	1.481,8 €
	2ºPeriodo	1.247,4 €
	3ºPeriodo	1.087,3 €

Avaliação económica		
	VAL	6.591,48
	PAYBACK (anos)	8 anos e 5 meses
	ROI	1,62

Benefícios e manutenção serão igual ao longo dos anos		
	T. actualização	4%
	Anos	20

Ano	Regime	Cash-Flow	Balanço
0	-	-	-10.600,00 €
1	Bonificado	1.431,76 €	-9.168,24 €
2	Bonificado	1.431,76 €	-7.736,48 €
3	Bonificado	1.431,76 €	-6.304,72 €
4	Bonificado	1.431,76 €	-4.872,96 €
5	Bonificado	1.431,76 €	-3.441,20 €
6	Bonificado	1.431,76 €	-2.009,44 €
7	Bonificado	1.431,76 €	-577,68 €
8	Bonificado	1.431,76 €	854,08 €
9	Bonificado	1.197,40 €	2.051,48 €
10	Bonificado	1.197,40 €	3.248,88 €
11	Bonificado	1.197,40 €	4.446,28 €
12	Bonificado	1.197,40 €	5.643,68 €
13	Bonificado	1.197,40 €	6.841,08 €
14	Bonificado	1.197,40 €	8.038,48 €
15	Bonificado	1.197,40 €	9.235,88 €
16	Geral	1.037,28 €	10.273,16 €
17	Geral	1.037,28 €	11.310,44 €
18	Geral	1.037,28 €	12.347,72 €
19	Geral	1.037,28 €	13.385,00 €
20	Geral	1.037,28 €	14.422,28 €

Figura 4.4 - Folha de cálculo da Tecnologia Fotovoltaico com valores do equipamento da "Solução Base" da EDP

Relativamente à tecnologia eólica, o cliente, neste caso, optou pelo equipamento "Micro Eólica Comfort 220 T3000W" (anexo II – figura A.2). Como na tecnologia anteriormente descrita, procedeu-se à inserção dos dados nas células a branco com os dados do referido equipamento na tabela "Dados do equipamento" da folha de cálculo apresentada no capítulo anterior (figura 3.6). Depois dos restantes dados serem gerados automaticamente (células a azul), obteve-se a folha de cálculo com o relatório detalhado para a análise económica da tecnologia em causa (figura 4.5).

Para o preenchimento das tabelas "Investimento total", "Ganhos com produção", "Regime", "Cash-flows" e "Avaliação económica" procedeu-se como para a tecnologia fotovoltaica, socorrendo-se das mesmas equações já referidas anteriormente (no caso de existirem).

Conhecido o valor da *potência nominal*, procedeu-se ao cálculo da "Produção anual", que resulta da multiplicação desse valor pelo valor da célula *número de horas de vento anual.* Assim, obteve-se o valor de energia produzida anualmente pela microturbina escolhida.

Eólico

Dados do Equipamento	
Potência nominal (kW)	3
Nº de horas vento por ano(h)	1600
Tempo de vida (Anos)	25
Investimento	8.000,00 €
O & M (anuais)	50,00 €

Investimento Total	8.750,0 €

Produção Anual (kWh/ano)	4800,00

Ganhos com Produção (€)		
	1º Periodo	1.044,5 €
	2ºPeriodo	690,3 €
	3ºPeriodo	690,3 €

Avaliação económica		
	VAL	3.497,83
	PAYBACK(anos)	10 anos e 3 meses
	ROI	1,40

Benefícios e Manutenção serão igual ao longo dos anos		
	T. actualização	4%
	Anos	25

Ano	Regime	Cash-Flow	Balanço
0	-	-	-8.750,00 €
1	Bonificado	994,48 €	-7.755,52 €
2	Bonificado	994,48 €	-6.761,04 €
3	Bonificado	994,48 €	-5.766,56 €
4	Bonificado	994,48 €	-4.772,08 €
5	Bonificado	994,48 €	-3.777,60 €
6	Bonificado	994,48 €	-2.783,12 €
7	Bonificado	994,48 €	-1.788,64 €
8	Bonificado	994,48 €	-794,16 €
9	Geral	640,34 €	-153,82 €
10	Geral	640,34 €	486,51 €
11	Geral	640,34 €	1.126,85 €
12	Geral	640,34 €	1.767,18 €
13	Geral	640,34 €	2.407,52 €
14	Geral	640,34 €	3.047,86 €
15	Geral	640,34 €	3.688,19 €
16	Geral	640,34 €	4.328,53 €
17	Geral	640,34 €	4.968,86 €
18	Geral	640,34 €	5.609,20 €
19	Geral	640,34 €	6.249,54 €
20	Geral	640,34 €	6.889,87 €
21	Geral	640,34 €	7.530,21 €
22	Geral	640,34 €	8.170,54 €
23	Geral	640,34 €	8.810,88 €
24	Geral	640,34 €	9.451,22 €
25	Geral	640,34 €	10.091,55 €

Figura 4.5- Folha de cálculo da Tecnologia Eólica com os valores do equipamento "Micro Eólica Comfort 220 T3000W"

Em relação à tecnologia mini hídrica, o utilizador neste caso escolheu o equipamento "Micro Hídrica Comfort 200 MH - 3KW" (anexo III – figura A.3). A figura 4.6 mostra os dados relativos ao equipamento que foram inseridos na aplicação na folha de cálculo anteriormente apresentada (figura 3.8). Os dados para a análise económica são determinados automaticamente.

Tal como na anterior tecnologia, o preenchimento das tabelas, "Ganhos com produção", "Cash-flows" foi conseguido através das equações 4.1 e 3.1 respetivamente, e o da tabela "Avaliação económica" através das equações 3.2, 3.3 e 3.4. Para calcular o "Investimento total" procedeu-se tal como para com a tecnologia fotovoltaica. A determinação da *potência nominal* baseia-se nos dados fornecidos pela ficha técnica do equipamento e, com este resultado, calculou-se a "Produção anual", multiplicando-o pelo valor da célula *número de horas de funcionamento*. Assim, alcançou-se o valor de energia produzida anualmente pela turbina mini-hídrica escolhida.

Mini-Hídrica

Dados do Equipamento	
Potência nominal(kW)	3,00
Nº de horas de funcionamento(Anual)	2190
Tempo de vida (Anos)	30
Investimento (€)	9.750,00 €
O & M (anuais)	50,00 €

Investimento Total	10.500,0 €

Produção Anual (kWh/ano)	6570

Ganhos com Produção (€)		
	1º Periodo	944,9 €
	2ºPeriodo	944,9 €
	3ºPeriodo	944,9 €

Avaliação económica		
	VAL	4.783,27
	PAYBACK (anos)	12 anos e 9 meses
	ROI	1,46

Benefícios e Manutenção serão igual ao longo dos anos		
	T. actualização	4%
	Anos	30

Voltar

Ano	Regime	Cash-Flow	Balanço
0	-	-	-10.500,00 €
1	Geral	894,90 €	-9.605,10 €
2	Geral	894,90 €	-8.710,21 €
3	Geral	894,90 €	-7.815,31 €
4	Geral	894,90 €	-6.920,41 €
5	Geral	894,90 €	-6.025,51 €
6	Geral	894,90 €	-5.130,62 €
7	Geral	894,90 €	-4.235,72 €
8	Geral	894,90 €	-3.340,82 €
9	Geral	894,90 €	-2.445,92 €
10	Geral	894,90 €	-1.551,03 €
11	Geral	894,90 €	-656,13 €
12	Geral	894,90 €	238,77 €
13	Geral	894,90 €	1.133,67 €
14	Geral	894,90 €	2.028,56 €
15	Geral	894,90 €	2.923,46 €
16	Geral	894,90 €	3.818,36 €
17	Geral	894,90 €	4.713,26 €
18	Geral	894,90 €	5.608,15 €
19	Geral	894,90 €	6.503,05 €
20	Geral	894,90 €	7.397,95 €
21	Geral	894,90 €	8.292,85 €
22	Geral	894,90 €	9.187,74 €
23	Geral	894,90 €	10.082,64 €
24	Geral	894,90 €	10.977,54 €
25	Geral	894,90 €	11.872,44 €
26	Geral	894,90 €	12.767,33 €
27	Geral	894,90 €	13.662,23 €
28	Geral	894,90 €	14.557,13 €
29	Geral	894,90 €	15.452,02 €
30	Geral	894,90 €	16.346,92 €

Figura 4.6- Folha de cálculo da Tecnologia Mini - Hídrica com os valores do equipamento "MH Comfort 200 MH – 3KW"

Por último, no que concerne à tecnologia micro-cogeração, o equipamento escolhido foi "DACHS SE" (anexo IV – figura A.4). Assim, após a escolha do equipamento, procede-se ao preenchimento de todas as células a branco com os dados do referido equipamento na tabela "Dados do equipamento" da folha de cálculo apresentada no capítulo 3 (figura 3.9). O próprio programa gera automaticamente os valores das células a azul, conforme se pode visualizar na figura 4.7.

Para o preenchimento das tabelas, "Ganhos com produção", "Regime", "Cash-flows", "Avaliação económica" e "Investimento total" o procedimento foi semelhante ao que se recorreu para a tecnologia fotovoltaica, aplicando as mesmas equações já referidas (no caso de se adaptar à situação em causa). A determinação da "Produção anual" foi conseguida através da multiplicação dos outputs do equipamento (*potência elétrica e térmica produzida*) pelo *número de horas de funcionamento*.

Micro-cogeração

Dados do Equipamento	
Potência eléctrica nominal produzida(kW)	5,5
Potência térmica nominal produzida(kW)	14,8
Consumo nominal do equipamento(kWh)	24,14
Combustível Utilizado	Gás natural
Nº de horas de funcionamento(Anual)	1200
Tempo de vida (Anos)	30
Investimento (€)	10.000,00 €
O & M	25,00

Despesas	Combustível	1.448,43 €
	O & M Total	1.473,43
Investimento Total		10.750,0 €
Produção anual (kWh/ano)	Térmica	17760,00
	Eléctrica	6600,00
Poupança originada com aquecimento (€)		1.198,2 €
Ganhos com Produção (€)	1º Periodo	949,2 €
	2ºPeriodo	949,2 €
	3ºPeriodo	949,2 €
Avaliação económica	VAL	869,44
	PAYBACK (anos)	16 anos e 11 meses
	ROI	1,08
Benefícios e Manutenção serão igual ao longo dos anos	T. actualização	4%
	Anos	30

Voltar

Ano	Regime	Cash-Flow	Balanço
0	-	-	-10.750,00 €
1	Geral	673,96 €	-10.076,04 €
2	Geral	673,96 €	-9.402,07 €
3	Geral	673,96 €	-8.728,11 €
4	Geral	673,96 €	-8.054,14 €
5	Geral	673,96 €	-7.380,18 €
6	Geral	673,96 €	-6.706,21 €
7	Geral	673,96 €	-6.032,25 €
8	Geral	673,96 €	-5.358,28 €
9	Geral	673,96 €	-4.684,32 €
10	Geral	673,96 €	-4.010,35 €
11	Geral	673,96 €	-3.336,39 €
12	Geral	673,96 €	-2.662,42 €
13	Geral	673,96 €	-1.988,46 €
14	Geral	673,96 €	-1.314,49 €
15	Geral	673,96 €	-640,53 €
16	Geral	673,96 €	33,44 €
17	Geral	673,96 €	707,40 €
18	Geral	673,96 €	1.381,37 €
19	Geral	673,96 €	2.055,33 €
20	Geral	673,96 €	2.729,30 €
21	Geral	673,96 €	3.403,26 €
22	Geral	673,96 €	4.077,23 €
23	Geral	673,96 €	4.751,19 €
24	Geral	673,96 €	5.425,16 €
25	Geral	673,96 €	6.099,12 €
26	Geral	673,96 €	6.773,08 €
27	Geral	673,96 €	7.447,05 €
28	Geral	673,96 €	8.121,01 €
29	Geral	673,96 €	8.794,98 €
30	Geral	673,96 €	9.468,94 €

Figura 4.7- Folha de cálculo da Tecnologia Micro-cogeração com os valores do equipamento "DACHS SE"

Na tabela "Despesas", para apurar os *dispêndios com o combustível* utiliza-se a equação 4.2:

$$D_{Combustivel} = H_{Funcionamento} \times C_{Combustível} \times T_{Combustível} \tag{4.2}$$

onde,

$D_{combustível}$ são as despesas com o combustível (€);

$H_{Funcionamento}$ são as horas de funcionamento (h);

$C_{combustível}$ é o consumo de combustível (kW/h);

$T_{combustível}$ é a tarifa do combustível (€).

Para calcular os gastos com *operações e manutenções totais* (O&M) do equipamento soma-se os *dispêndios com o combustível* e a *manutenção*.

Para a determinação da "Poupança originada com o aquecimento", neste caso de estudo, utiliza-se a equação 4.3:

$$D_{aquecimento} = \left[N_{aquecimento} \times T_{eléctrica} + N_{AQS} \times T_{gás}\right] \quad (4.3)$$

onde,

$D_{aquecimento}$ é a despesa originada com o aquecimento (€);

$N_{aquecimento}$ são as necessidades de aquecimento (kWh);

N_{AQS} são as necessidades de Água quentes sanitárias (kWh);

$T_{gás}$ é a tarifa do gás natural (€/kWh);

$T_{eléctrica}$ é a tarifa da eletricidade (€/kWh).

4.1.3 Análise de Resultados

Tendo em conta os pressupostos adotados, analisam-se agora os resultados obtidos. De notar que esta análise é elaborada tendo em conta que a habitação se situa no concelho de Santa Maria da Feira.

Como já foi referido, o sistema solar fotovoltaico escolhido foi a "Solução Base", um equipamento pré-definido e comercializado pela EDP (anexo I – figura A.1), sendo o equipamento constituído por 18 módulos fotovoltaicos.

Para esta análise, como sistema micro-eólico selecionou-se o equipamento "Micro Eólica Comfort 220 T3000W" (anexo II – figura A.2), constituído por uma turbina com 3 pás de 4 m de diâmetro, uma torre de 8 metros e o respetivo controlador. O equipamento tem uma potência nominal de 3 kW.

Para a mini-hídrica, escolheu-se o equipamento seguinte: "Micro Hídrica Comfort 200 MH - 3KW" (anexo III – figura A.3), que admite um caudal máximo de 0,136 m^3/s, necessitando de uma altura mínima de 4 m para a sua instalação e a sua potência nominal é de 3kW.

Por último, no que concerne à tecnologia micro-cogeração, a escolha recaiu no equipamento "DACHS SE" (anexo IV – figura A.4), que é uma solução para o fornecimento conjunto de eletricidade e calor para aquecimento do edifício e das águas quentes sanitárias. Este equipamento contém um motor de combustão interna alimentado por gás natural ou GLP, consumindo 2,1 m^3 do referido combustível (correspondendo a 24,14 kWh). Este oferece uma potência elétrica de 5,5 kW, enquanto produz uma potência térmica de 14,8 kW.

Para o procedimento desta análise económica do sistema, admitiu-se um tempo de vida útil para o projeto igual ao tempo de vida do equipamento, o financiamento para este projeto é 100% do capital próprio, as taxas necessárias são as mencionadas no capítulo 4.1.2 e os custos de operação e manutenção aparecem referidos em cada tecnologia.

Feita a análise económica dos sistemas selecionados e considerando todos os fatores em causa, chegou-se ao seguinte balanço de custos e benefícios.

No caso do sistema fotovoltaico, o investimento total necessário será de 10.600,00€. O sistema terá um custo anual de operação e manutenção aproximadamente de 50,00€. O tempo de vida útil do equipamento é de 20 anos e o período de recuperação do investimento ronda os 8 anos e 5 meses, pelo que é compensatório investir (restam ainda cerca de 12 anos para este ser lucrativo). Atualizando os benefícios anuais ao longo deste período, verifica-se que o sistema fotovoltaico proporciona uma produção de energia anual aproximadamente de 7560 kWh/ano, traduzindo-se num valor de 6.591,48€ de benefícios à habitação onde foi instalado. O regime mais compensatório é o bonificado nos primeiros 15 anos, sendo que os restantes anos é obrigatório o utilizador passar para o regime geral.

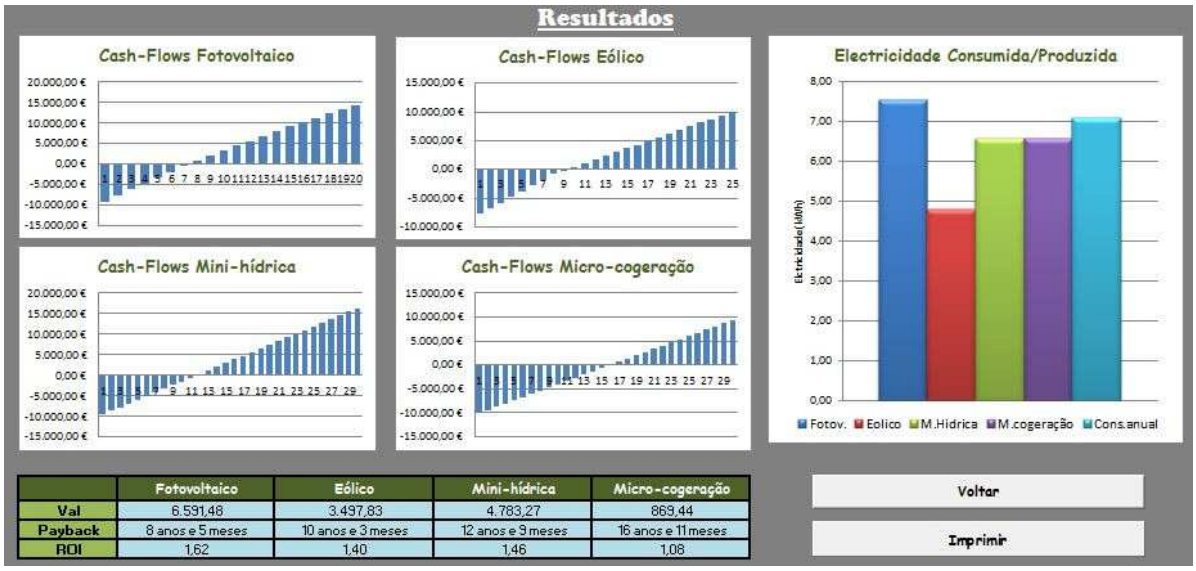
No que concerne ao sistema eólico, o investimento total necessário será de 8.750,00€. O sistema terá um custo anual de operação e manutenção aproximadamente de 50€. Verifica-se que a vida útil deste equipamento ronda 25 anos e o payback neste caso flutua entre os 10 anos e 3 meses (abaixo do tempo de vida útil do equipamento conforme se pode visualizar na figura 4.5). Atualizando os benefícios anuais ao longo deste período, verifica-se que este sistema proporciona uma produção de energia anual aproximadamente de 4800,00 kWh/ano, traduzindo-se num ganho de 3.497,83€, relativamente ao valor investido. O regime bonificado compensa nos primeiros 8 anos, mas, nos anos seguintes, o regime geral mostra-se mais compensatório para o cliente.

Em relação à Mini-hídrica, podemos constatar que o investimento total necessário será de 10.500,00€. O sistema terá um custo anual de operação e manutenção aproximadamente de 50€. Analisando a figura 4.6, e considerando o tempo de vida útil do equipamento de 30 anos, o período que demora a recuperar o investimento durante o projeto é de aproximadamente 12 anos e 9 meses. Este sistema proporciona uma produção de energia anual de aproximadamente 6570,00 kWh/ano, o que traduz numa

valorização de €4.783,27 para este investidor. O regime mais compensatório neste caso é o geral em toda a vida útil do equipamento.

Por fim, para o sistema de micro-cogeração, o investimento total necessário será de 10.750,00€. Para este sistema prevê-se um funcionamento de 1200h anuais. Desta forma, o equipamento terá um custo anual de operação e manutenção fixo de aproximadamente 25,00€, acumulando depois um custo de operação e manutenção volátil que varia consoante o número de horas de funcionamento (corresponde ao combustível gasto). Neste caso, face às horas previstas de funcionamento, a despesa anual é de1.448,43€em gás natural. O tempo de vida útil do equipamento é de 30 anos (conforme se pode visualizar na figura 4.7), e atualizando os benefícios anuais ao longo deste período, verifica-se que o sistema proporciona um valor de aproximadamente 869,44€ de benefícios com a referida instalação, fazendo com que produza 6600,00 kWh. Porém, este é capaz de produzir mais energia elétrica se se aumentar o número de horas de funcionamento (contudo aumenta também o consumo de energia e a despesa com o combustível).

Na figura 4.8, é apresentado um resumo da análise económica conjunta. Os gráficos representados à esquerda são relativos aos Cash Flows de cada tecnologia inserida; o gráfico à direita representa a eletricidade consumida pelo edifício e a eletricidade produzida pelos equipamentos selecionados; a tabela mostra os fatores económicos de cada tecnologia.



	Fotovoltaico	Eólico	Mini-hídrica	Micro-cogeração
Val	6.591,48	3.497,83	4.783,27	869,44
Payback	8 anos e 5 meses	10 anos e 3 meses	12 anos e 9 meses	16 anos e 11 meses
ROI	1,62	1,40	1,46	1,08

Figura 4.8 – Análise dos Resultados do Caso A

Deste modo, analisando a figura, podemos constatar que os resultados de todos os equipamentos diferem nos fatores económicos e na rentabilidade anual, pois a sua capacidade de produção anual e tipos de tarifa de remuneração são diferentes.

Observando as quatro tecnologias apresentadas na figura 4.8, podemos concluir que o consumidor/cliente beneficiaria com a aquisição de um sistema fotovoltaico, visto que apresenta melhores índices económicos, quer em tempo de recuperação do investimento (Payback - aproximadamente 8 anos e 5 meses), quer em valorização do investimento (6.591,48€). Este facto deve-se essencialmente à diferença existente entre os valores de remuneração entre as restantes tecnologias (o valor de tarifa é mais alto para esta tecnologia). Para além disso, entre as 4 tecnologias estudadas, esta é a única autosustentável, isto é, este equipamento produz eletricidade suficiente para colmatar as necessidades elétricas do edifício (como se pode constatar pela análise do gráfico da direita).

No entanto, o cliente tem sempre o poder de decisão e existem vários fatores que podem ser preponderantes e influenciar a sua escolha.

Por vezes, o valor a investir pode forçar o utilizador a optar por tecnologias com preços mais baixos (como é o caso da tecnologia eólica em causa – valor do investimento é de 8.750,00€, valor mais baixo que as restantes tecnologias apresentadas).

Apesar do preço de aquisição das tecnologias de micro-cogeração rondar os 10.750,00€ e apresentar índices económicos baixos, esta tem a mais-valia de fornecer energia térmica que pode ser aproveitada para aquecimento do ambiente e das AQS, podendo levar o investidor a optar por esta tecnologia.

A tecnologia mini-hídrica, embora semelhante à anteriormente mencionada em termos de período de vida e de investimento, tem as seguintes vantagens: não depender das variações do preço de nenhum combustível; ter uma valorização superior e um período de recuperação do investimento mais curto.

4.2 Caso B: Edifício Industrial com Zona Comercial

O presente caso de estudo refere-se a um possível empresário, que avalia a possibilidade de investir em novas áreas de forma a inovar o seu negócio. A

microprodução é uma das áreas alvo, pois ele quer que o seu negócio seja considerado "empresa verde", contribuindo assim para a melhoria do ambiente. O empresário possui uma fábrica de produção e acabamentos de móveis, onde laboram 4 pessoas e uma zona de exposição e escritórios onde se encontram mais dois funcionários. Esta indústria encontra-se localizada no concelho de Santa Maria da Feira (figura 4.9).

Figura 4.9- Localização e fotografias do Edifício Industrial com Zona Comercial

O complexo industrial desta empresa é constituído por dois pisos na zona de exposição e um pavilhão para a indústria. Os edifícios encontram-se encostados um ao outro havendo passagem direta. É um edifício com 20 anos de existência, com uma área de aproximadamente 400m^2 na zona comercial, distribuídos por 2 pisos, e 400 m^2 na zona industrial. A potência contratada é de 20,70 kVA e não tem coletores solares térmicos instalados, para aquecimento de água. Estes edifícios são abastecidos através de uma mina de água (para efeitos de estudo considera-se que o caudal fornecido pela mina é igual ao caudal de admissão do equipamento hídrico que se pretende estudar e o período de funcionamento do mesmo será somente considerado nos meses de maior precipitação - dezembro a março).

O proprietário dispõe de uma energia renovável proveniente do manuseamento das madeiras - a biomassa - que pode ser usado como combustível. No entanto, estes desperdícios são em pouca quantidade, podendo não ser suficiente para o funcionamento de um equipamento de micro-cogeração. Este complexo industrial encontra-se numa zona com acesso a rede natural de gás.

Este possível investidor não possui condições para usufruir do regime bonificado.

4.2.1 Consumo energético

O consumo mensal de energia elétrica desta empresa, no ano de 2012, teve um custo de € 450, visto que o proprietário aderiu à fatura certa, efetuando o ajuste no final do ano. Corresponde a um consumo energia de aproximadamente 3181,82kWh mensal.

Na zona industrial existem instalações sanitárias e uma variedade de máquinas com funcionamentos e consumos diferentes. Existe também uma mini-ETAR, que tem como principal função receber e tratar as águas provenientes da pintura e do envernizamento dos móveis, de forma a ser reaproveitada. Para além disto, esta indústria tem uma "Estufa de secagem" destinada à secagem do envernizamento dos móveis. Esta máquina tem um consumo de aproximadamente 4 kWh, funciona 4 horas por dia (2ª a 6ª feira - 48 semanas) e é alimentada a gás natural.

Na zona de exposição e escritórios, existe um pequeno aquecimento central a gás com um consumo nominal de 6 kW e funciona 6 horas por dia (2ªfeira a domingo - 48 semanas).

Para efeitos de maior aproveitamento da energia térmica, o investidor pretende considerar a sua habitação que é ao lado da indústria. Isto prende-se com o facto de, atualmente, o cliente utilizar um recuperador de calor (alimentado através da queima de resíduos provenientes do manuseamento da madeira da sua indústria) para o aquecimento da sua habitação (através de radiadores) e das AQS. No caso de a micro-cogeração ser viável, o possível investidor pretende vender os resíduos das madeiras a empresas de reciclagem, obtendo assim um lucro extra para a indústria.

A sua habitação é constituída por dois pisos, com 3 quartos, uma cozinha e uma sala. A determinação do consumo das AQS do edifício é de difícil previsão. Por isso, considerou-se um consumo igual ao da habitação unifamiliar do caso A (5690 kWh).

A determinação das necessidades de aquecimento do ambiente do edifício é igualmente difícil de quantificar. Assim, considerou-se que o custo dos resíduos é de € 50 mensal (orçamento fornecido pela empresa de reciclagem, para um período de 6 meses). Para determinar as necessidades de energia térmica para o aquecimento do ambiente, analisaram-se as fichas técnicas dos radiadores:

- ✓ Sala: radiador com 13 elementos - 2044W;
- ✓ Sala: radiador com 13 elementos - 2044W;
- ✓ Quarto 1:radiador com 10 elementos - 1572W;

- ✓ Quarto 2:radiador com 10 elementos - 1572W;
- ✓ Quarto 3:radiador com 10 elementos - 1572W.

Deste modo, a potência de todos os radiadores existentes na habitação é de 8,8 kW.

Nos dias de calor existe um painel solar na habitação que abastece as AQS.

$$\text{Necessidades térmicas} = E_{cons.\ Habitação} + \mathrm{E}_{\text{Cons. Aq.central}} + \mathrm{E}_{\text{Cons.Estufa}}$$

$$\mathrm{E}_{\text{consumida}} = \text{NºHoras anuais x Potência}$$

$$\mathrm{E}_{\text{cons.Estufa}} = (\ 5\ \text{diasx}\ 48\ \text{semanas x}\ 4\ \text{horas})\text{x}\ 4\text{kWh} = \ 3840\ \text{kWh}$$

$$\mathrm{E}_{\text{cons. Aq.central}} = (\ 7\ \text{dias x}\ 48\ \text{semanas x}\ 6\ \text{horas})\text{x}\ 6\ \text{kW} = \ 12096\ \text{kWh}$$

$$\mathrm{E}_{\text{cons. Habitação}} = E_{radiadores} + E_{AQS}$$

$$E_{radiadores} = (\ 5meses \times 30dias \times 6\ horas) \times 8{,}8\ kW = \ 7920\ kWh$$

$$E_{AQS} = 5690\ kWh$$

As necessidades térmicas de que o investidor necessita rondam 29546 kWh/ ano.

4.2.2 Inserção dos dados na ferramenta informática

Após o conhecimento detalhado da instalação em estudo, procede-se à inserção dos dados na ferramenta informática desenvolvida.

Numa primeira fase, é preenchida a folha de parâmetros de entrada (figura 3.4) descrita anteriormente no capítulo 3.

Na tabela "Dados gerais do cliente", foram introduzidos os seguintes dados:

- ✓ *Tipo de instalação*: Industrial (como descrito no início do presente capítulo);
- ✓ *Taxa de atualização*: 4% (valor que o investidor exige como prémio mínimo, ou seja, valor que impõe como forma de compensação do risco e da incerteza sobre o investimento a efetuar);

- ✓ *Despesas com licenças:* 750€ (custos que o cliente terá com as licenças para o licenciamento e autorização da microprodução);
- ✓ *Concelho:* Santa Maria da Feira (já mencionado no início do presente capítulo);
- ✓ *Regime bonificado:* Não (como já referido, o utilizador não possui licença para produção de energia em regime bonificado de tal forma, que vai ser remunerado apenas em regime geral – equação 2.1).

Relativamente à tabela "Tarifas atuais", o utilizador deve introduzir os valores de compra que está a pagar ao fornecedor, conforme a respetiva energia, no momento em que se encontra a utilizar a aplicação (0,141€). Quanto aos valores das *tarifas de venda em regime bonificado,* foi introduzido o valor zero nas respectivas tarifas de remuneração deste regime.

Para o preenchimento da tabela *"*Fator de diferenciação tecnológica*"* foi consultada a legislação a vigorar no momento (neste caso, Decreto-Lei n.º25/2013 de 19 de fevereiro - subcapítulo 2.2.2).

Na tabela "Necessidades de energia térmica", o utilizador tem um gasto de 29546 kWh/ano e 1.046,80€ de despesas com esta. Em relação às "necessidades de energia elétrica", o cliente tem um consumo de 3181,82 kWh/mensal, ou seja, 38181,84 kWh/ano (conforme já afirmado no subcapítulo anterior).

No que concerne à tabela "IPC sem habitação no continente", tem-se que o índice é de 1,02 (obtido no site www.ine.pt conforme já explicado no capitulo 3.2.2).

Para a tabela "Limite de produção" foram introduzidos os valores de 24000 kWh/ano para as tecnologias fotovoltaico e eólica e 40000 kWh/ano para as restantes tecnologias (valores máximos estipulados no Decreto-Lei n.º 25/2013, de 19 de fevereiro – capítulo 2.2.2).

Na figura 4.10 podemos visualizar os dados gerais que foram descritos sobre o caso B.

Parâmetros de Entrada

Dados gerais do cliente	
Nome:	MP & cpa
Tipo de Instalação:	Industrial
Taxa de actualização (Ta):	4%
Despesas com licenças	750 €
Concelho	Stª Mª da Feira
Regime Bonificado	Não

Tarifas actuais (€/kWh)		
Compra de Energia Eléctrica		0,141 €
Compra do combustível(€/kWh)		0,050 €
Regime Bonificado (Fotovoltaico)	8 anos	0,000 €
	7 anos	0,000 €
Regime Bonificado (Restantes energias)	8 anos	0,000 €
	7 anos	0,000 €

Factor de diferenciação tecnológica	
Solar	100%
Eólica	80%
Hídrica	40%
Cogeração Biomassa	70%
Cogeração Não Renovável	40%

Necessidades de energia eléctrica (Mês)		
Mês	Energia (kWh)	Custo mensal (€)
Janeiro	3181,82	448,64 €
Fevereiro	3181,82	448,64 €
Março	3181,82	448,64 €
Abril	3181,82	448,64 €
Maio	3181,82	448,64 €
Junho	3181,82	448,64 €
Julho	3181,82	448,64 €
Agosto	3181,82	448,64 €
Setembro	3181,82	448,64 €
Outubro	3181,82	448,64 €
Novembro	3181,82	448,64 €
Dezembro	3181,82	448,64 €

IPC s/habitação no continente	1,02

Necessidades de energia Térmica (Anual)	
Consumo anual (kWh)	29546
Despesas anuais energia (€)	1.046,80 €

Limite produção (kWp/ano)		
	Solar/ Eólica	2.400,00
	Restantes	4.000,00

Figura 4.10- Folha de Parâmetros de Entrada do Caso B

Numa segunda fase, apresentam-se e explicam-se os dados que foram introduzidos na aplicação referentes a cada tecnologia que o investidor deseja comparar, de forma a decidir qual o equipamento mais rentável para o seu caso.

Após o preenchimento da folha "Parâmetros de entrada", passou-se para a fase da "escolha das tecnologias". No que concerne à tecnologia fotovoltaica, o utilizador optou pela "Solução Base", um equipamento pré-definido e comercializado pela EDP (anexo I – figura A.1). Assim, após a escolha do equipamento, procedeu-se ao preenchimento de todas as células a branco com os dados do referido equipamento na tabela "Dados do equipamento" da folha de cálculo apresentada no capítulo 3 (figura 3.6).

Feita esta inserção, o próprio programa informático efetua automaticamente os cálculos para preenchimento das células a azul, conforme se pode visualizar na figura 4.11.

Para efeitos de determinação da *Produção anual* utilizou-se a equação 2.2. Com este valor determinam-se os *"Ganhos com produção"* nos três períodos, segundo a equação 4.1. O "Investimento total" corresponde à soma do *investimento* no equipamento com as *despesas com licenças* (presente na folha Parâmetros de entrada – figura 4.10).

De seguida, procedeu-se à determinação dos valores do *"Cash-flows"* que são calculados através da equação 3.1. Estes dados permitem obter os fatores necessários para o preenchimento da tabela "avaliação económica", nomeadamente, o VAL através da equação 3.2, o ROI pela equação 3.3 e o Payback baseando-se na equação 3.4.

Na última tabela, encontra-se uma coluna denominada *regime.* Este, como já foi referido anteriormente, será sempre geral (este facto verifica-se em todas as tecnologias analisadas no presente estudo).

Fotovoltaico

Dados do Equipamento	
Potência nominal (kW)	4,5
Nº de horas sol por ano (h)	1680
Tempo de vida (Anos)	20
Investimento	9.850,00 €
O & M (anuais)	50,00 €

Investimento total	10.600,0 €

Produção Anual (kWh/ano)	7560

Ganhos com produção (€)		
	1º Periodo	1.087,3 €
	2ºPeriodo	1.087,3 €
	3ºPeriodo	1.087,3 €

Avaliação económica		
	VAL	3.362,46
	PAYBACK (anos)	11 anos e 3 meses
	ROI	1,32

Benefícios e manutenção serão igual ao longo dos anos		
	T. actualização	4%
	Anos	20

Ano	Regime	Cash-Flow	Balanço
0	-	-	-10.600,00 €
1	Geral	1.037,28 €	-9.562,72 €
2	Geral	1.037,28 €	-8.525,44 €
3	Geral	1.037,28 €	-7.488,16 €
4	Geral	1.037,28 €	-6.450,88 €
5	Geral	1.037,28 €	-5.413,60 €
6	Geral	1.037,28 €	-4.376,32 €
7	Geral	1.037,28 €	-3.339,05 €
8	Geral	1.037,28 €	-2.301,77 €
9	Geral	1.037,28 €	-1.264,49 €
10	Geral	1.037,28 €	-227,21 €
11	Geral	1.037,28 €	810,07 €
12	Geral	1.037,28 €	1.847,35 €
13	Geral	1.037,28 €	2.884,63 €
14	Geral	1.037,28 €	3.921,91 €
15	Geral	1.037,28 €	4.959,19 €
16	Geral	1.037,28 €	5.996,47 €
17	Geral	1.037,28 €	7.033,75 €
18	Geral	1.037,28 €	8.071,03 €
19	Geral	1.037,28 €	9.108,30 €
20	Geral	1.037,28 €	10.145,58 €

Figura 4.11 - Folha de cálculo da Tecnologia Fotovoltaico com valores do equipamento da "Solução Base" da EDP

Relativamente à tecnologia eólica, o cliente optou pelo equipamento "Micro Eólica Comfort 220 T3000W" (anexo II – figura A.2). Assim, como na tecnologia anteriormente descrita, procedeu-se à inserção, nas células a branco, dos dados do referido equipamento, na tabela "Dados do equipamento" da folha de cálculo apresentada no capítulo anterior (figura 3.6). Depois dos restantes dados serem gerados automaticamente (células a azul), obteve-se a folha de cálculo com o relatório detalhado para a análise económica da tecnologia em causa (figura 4.12).

Para o preenchimento das tabelas, "Ganhos com produção", "Cash-flows", "Avaliação económica" e "Investimento total" seguiram-se os mesmos passos aplicados, anteriormente, na tecnologia fotovoltaica, socorrendo-se das mesmas equações enunciadas (no caso de existirem).

Conhecido o valor da *potência nominal*, procedeu-se ao cálculo da "Produção anual", que resulta da multiplicação desse valor pelo valor da célula *número de horas de vento anual.* Assim, obteve-se o valor de energia produzida anualmente pela microturbina escolhida.

Eólico

Dados do Equipamento	
Potência nominal (kW)	3
Nº de horas vento por ano(h)	1600
Tempo de vida (Anos)	25
Investimento	8.000,00 €
O & M (anuais)	50,00 €

Investimento Total	8.750,0 €

Produção Anual (kWh/ano)	4800,00

Ganhos com Produção (€)		
	1º Periodo	690,3 €
	2ºPeriodo	690,3 €
	3ºPeriodo	690,3 €

Avaliação económica		
	VAL	1.205,17
	PAYBACK (anos)	14 anos e 8 meses
	ROI	1,14

Benefícios e Manutenção serão igual ao longo dos anos		
	T. actualização	4%
	Anos	25

Ano	Regime	Cash-Flow	Balanço
0	-	-	-8.750,00 €
1	Geral	640,34 €	-8.109,66 €
2	Geral	640,34 €	-7.469,33 €
3	Geral	640,34 €	-6.828,99 €
4	Geral	640,34 €	-6.188,66 €
5	Geral	640,34 €	-5.548,32 €
6	Geral	640,34 €	-4.907,98 €
7	Geral	640,34 €	-4.267,65 €
8	Geral	640,34 €	-3.627,31 €
9	Geral	640,34 €	-2.986,98 €
10	Geral	640,34 €	-2.346,64 €
11	Geral	640,34 €	-1.706,30 €
12	Geral	640,34 €	-1.065,97 €
13	Geral	640,34 €	-425,63 €
14	Geral	640,34 €	214,70 €
15	Geral	640,34 €	855,04 €
16	Geral	640,34 €	1.495,38 €
17	Geral	640,34 €	2.135,71 €
18	Geral	640,34 €	2.776,05 €
19	Geral	640,34 €	3.416,38 €
20	Geral	640,34 €	4.056,72 €
21	Geral	640,34 €	4.697,06 €
22	Geral	640,34 €	5.337,39 €
23	Geral	640,34 €	5.977,73 €
24	Geral	640,34 €	6.618,06 €
25	Geral	640,34 €	7.258,40 €

Figura 4.12- Folha de cálculo da Tecnologia Eólica com os valores do equipamento "Micro Eólica Confort 220 T3000W"

Em relação à tecnologia mini hídrica, o utilizador, neste caso, escolheu o equipamento "Micro Hídrica Comfort 200 MH - 3KW" (anexo III – figura A.3). A figura 4.13 mostra os dados relativos ao equipamento que foram inseridos na aplicação na folha de cálculo anteriormente apresentada (figura 3.8). Os dados para a análise económica são determinados automaticamente.

Tal como na anterior tecnologia, o preenchimento das tabelas, "Ganhos com produção", "Cash-flows" foi conseguido através das equações 4.1 e 3.1, respetivamente, e a tabela "Avaliação económica" através das equações 3.2, 3.3 e 3.4. Para calcular o "Investimento total" procedeu-se como na tecnologia fotovoltaica. A determinação da *potência nominal* baseou-se nos dados fornecidos pela ficha técnica do equipamento, com este resultado, calculou-se a "Produção anual", multiplicando-o pelo valor da

célula *número de horas de funcionamento*. Assim, obteve-se o valor de energia produzida anualmente pela turbina mini-hídrica escolhida.

Mini-Hídrica

Dados do Equipamento	
Potência nominal(kW)	3,00
Nº de horas de funcionamento(Anual)	2190
Tempo de vida (Anos)	30
Investimento (€)	9.750,00 €
O & M (anuais)	50,00 €
Investimento Total	10.500,0 €
Produção Anual (kWh/ano)	6570
Ganhos com Produção (€) 1º Periodo	944,9 €
2ºPeriodo	944,9 €
3ºPeriodo	944,9 €
Avaliação económica VAL	4.783,27
PAYBACK (anos)	12 anos e 9 meses
ROI	1,46
Benefícios e Manutenção serão igual ao longo dos anos T. actualização	4%
Anos	30

Ano	Regime	Cash-Flow	Balanço
0	-	-	-10.500,00 €
1	Geral	894,90 €	-9.605,10 €
2	Geral	894,90 €	-8.710,21 €
3	Geral	894,90 €	-7.815,31 €
4	Geral	894,90 €	-6.920,41 €
5	Geral	894,90 €	-6.025,51 €
6	Geral	894,90 €	-5.130,62 €
7	Geral	894,90 €	-4.235,72 €
8	Geral	894,90 €	-3.340,82 €
9	Geral	894,90 €	-2.445,92 €
10	Geral	894,90 €	-1.551,03 €
11	Geral	894,90 €	-656,13 €
12	Geral	894,90 €	238,77 €
13	Geral	894,90 €	1.133,67 €
14	Geral	894,90 €	2.028,56 €
15	Geral	894,90 €	2.923,46 €
16	Geral	894,90 €	3.818,36 €
17	Geral	894,90 €	4.713,26 €
18	Geral	894,90 €	5.608,15 €
19	Geral	894,90 €	6.503,05 €
20	Geral	894,90 €	7.397,95 €
21	Geral	894,90 €	8.292,85 €
22	Geral	894,90 €	9.187,74 €
23	Geral	894,90 €	10.082,64 €
24	Geral	894,90 €	10.977,54 €
25	Geral	894,90 €	11.872,44 €
26	Geral	894,90 €	12.767,33 €
27	Geral	894,90 €	13.662,23 €
28	Geral	894,90 €	14.557,13 €
29	Geral	894,90 €	15.452,02 €
30	Geral	894,90 €	16.346,92 €

Voltar

Figura 4.13- Folha de cálculo da Tecnologia Mini - Hídrica com os valores do equipamento "MH Confort 200 MH – 3KW"

Por último, no que concerne à tecnologia micro-cogeração, o equipamento escolhido foi "DACHS SE" (anexo IV – figura A.4). Após a escolha do equipamento, procedeu-se ao preenchimento de todas as células a branco com os dados do referido equipamento na tabela "Dados do equipamento" da folha de cálculo apresentada no capítulo 3 (figura 3.9). O próprio programa gera automaticamente os valores das células a azul, conforme se pode visualizar na figura 4.14.

Os procedimentos para o preenchimento das tabelas, "Ganhos com produção", "Cash-flows", "Avaliação económica" e "Investimento total" foram os mesmos dos já seguidos na tecnologia fotovoltaica, socorrendo-se das mesmas equações enunciadas (no caso de existirem). A determinação da "Produção anual" conseguiu-se através da multiplicação dos outputs do equipamento (*potência elétrica e térmica produzida*) pelo *número de horas de funcionamento*.

Na tabela "Despesas", para apurar os *dispêndios com o combustível* utilizou-se a equação 4.2.

Para calcular os gastos com *operações e manutenções totais* O&M) do equipamento somaram-se os *dispêndios com o combustível* e *manutenção*.

Micro-cogeração

Dados do Equipamento	
Potência eléctrica nominal produzida(kW)	5,5
Potência térmica nominal produzida(kW)	14,8
Consumo nominal do equipamento(kWh)	24,14
Combustível Utilizado	Gás natural
Nº de horas de funcionamento(Anual)	2000
Tempo de vida (Anos)	30
Investimento (€)	10.000,00 €
O & M	25,00

Despesas	Combustível	2.414,05 €
	O & M Total	2.439,05
Investimento Total		10.750,0 €
Produção anual (kWh/ano)	Térmica	29600,00
	Eléctrica	11000,00
Poupança originada com aquecimento (€)		1.046,8 €
Ganhos com Produção (€)	1º Periodo	1.582,0 €
	2ºPeriodo	1.582,0 €
	3ºPeriodo	1.582,0 €
Avaliação económica	VAL	-7.181,16
	PAYBACK (anos)	
	ROI	0,33
Benefícios e Manutenção serão igual ao longo dos anos	T. actualização	4%
	Anos	30

Voltar

Ano	Regime	Cash-Flow	Balanço
0	-	-	-10.750,00 €
1	Geral	189,77 €	-10.560,23 €
2	Geral	189,77 €	-10.370,45 €
3	Geral	189,77 €	-10.180,68 €
4	Geral	189,77 €	-9.990,90 €
5	Geral	189,77 €	-9.801,13 €
6	Geral	189,77 €	-9.611,35 €
7	Geral	189,77 €	-9.421,58 €
8	Geral	189,77 €	-9.231,80 €
9	Geral	189,77 €	-9.042,03 €
10	Geral	189,77 €	-8.852,25 €
11	Geral	189,77 €	-8.662,48 €
12	Geral	189,77 €	-8.472,70 €
13	Geral	189,77 €	-8.282,93 €
14	Geral	189,77 €	-8.093,15 €
15	Geral	189,77 €	-7.903,38 €
16	Geral	189,77 €	-7.713,61 €
17	Geral	189,77 €	-7.523,83 €
18	Geral	189,77 €	-7.334,06 €
19	Geral	189,77 €	-7.144,28 €
20	Geral	189,77 €	-6.954,51 €
21	Geral	189,77 €	-6.764,73 €
22	Geral	189,77 €	-6.574,96 €
23	Geral	189,77 €	-6.385,18 €
24	Geral	189,77 €	-6.195,41 €
25	Geral	189,77 €	-6.005,63 €
26	Geral	189,77 €	-5.815,86 €
27	Geral	189,77 €	-5.626,08 €
28	Geral	189,77 €	-5.436,31 €
29	Geral	189,77 €	-5.246,53 €
30	Geral	189,77 €	-5.056,76 €

Figura 4.14- Folha de cálculo da Tecnologia Micro-cogeração com os valores do equipamento "DACHS SE"

Neste caso de estudo, para a determinação da "Poupança originada com o aquecimento", utiliza-se a equação 4.4:

$$D_{energ.térmica} = \left[Custo_{Desp} + (\mathrm{E}_{\mathrm{Cons.\ Aq.central}} + \mathrm{E}_{\mathrm{Cons.Estufa}}) \times T_{gás}\right] \qquad (4.4)$$

onde,

$D_{eneg.térmica}$ é a despesa originada com as necessidades térmicas (€/ano);

$Custo_{Desp}$ é o valor atribuído aos desperdícios utilizado na habitação para aquecimento de AQS e aquecimento do ambiente (€/ano);

$E_{cons\ Aq.central}$ é a energia consumida anualmente pelo aquecimento central (kWh);

$E_{cons\ estufa}$ é a energia consumida anualmente pela estufa (kWh);

$T_{gás}$ é a tarifa do gás natural (€/kWh).

4.2.3 Análise de Resultados

Tendo em conta os pressupostos adotados, analisam-se agora os resultados obtidos. De notar, que esta análise é elaborada tendo em conta que a habitação se situa no concelho de Santa Maria da Feira.

Como já foi referido, o sistema solar fotovoltaico escolhido foi a "solução Base", um equipamento pré-definido e comercializado pela EDP (anexo I – figura A.1), constituído por 18 módulos fotovoltaicos.

Para esta análise selecionou-se o sistema micro-eólico "Micro Eólica Comfort 220 T3000W" (anexo II – figura A.2), constituído por uma turbina com 3 pás de 4 m de diâmetro, uma torre de 8 metros e o respetivo controlador. O equipamento tem uma potência nominal de 3 kW.

Para a mini-hídrica, optou-se pelo equipamento "Micro Hídrica Comfort 200 MH - 3KW" (anexo III – figura A.3), que admite um caudal máximo de 0,136 m^3/s, necessitando de uma altura mínima de 4 m para a sua instalação e a sua potência nominal é de 3kW.

Por último, no que concerne à tecnologia micro-cogeração, foi escolhido o equipamento "DACHS SE" (anexo IV – figura A.4), que é uma solução para o fornecimento conjunto de eletricidade e calor para aquecimento do edifício e das águas quentes sanitárias. Este equipamento contém um motor de combustão interna alimentado por gás natural ou GLP, consumindo 2,1 m^3 do referido combustível (correspondendo a 24,14 kWh). Este oferece uma potência elétrica de 5,5 kW, enquanto produz uma potência térmica de 14,8 kW.

Para o procedimento da análise económica do sistema, admitiu-se um tempo de vida útil para o projeto igual ao tempo de vida do equipamento, o financiamento para este projeto é 100% do capital próprio, as taxas necessárias são as mencionadas no capítulo 4.1.2 e os custos de operação e manutenção aparecem referidos em cada tecnologia.

Feita a análise económica dos sistemas selecionados e considerando todos os fatores em causa, chegou-se ao seguinte balanço de custos e benefícios.

No caso do sistema fotovoltaico, o investimento total necessário será de 10.600,00€. O sistema terá um custo anual de operação e manutenção aproximadamente

de 50,00€. O tempo de vida útil do equipamento é de 20 anos e o período de recuperação do investimento ronda os 11 anos e 3 meses, pelo que é compensatório investir (restam ainda cerca de 9 anos para este ser lucrativo). Atualizando os benefícios anuais ao longo deste período, verifica-se que o sistema fotovoltaico proporciona uma produção de energia anual aproximadamente de 7560 kWh/ano, traduzindo-se num valor de 3.362,46€ de benefícios à habitação em que foi instalado.

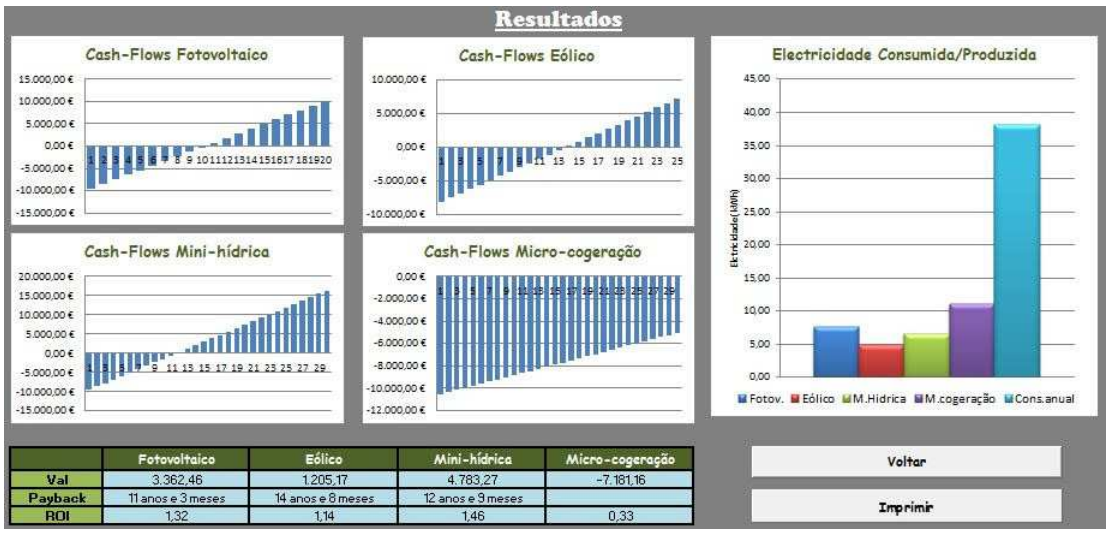
No que concerne ao sistema eólico, o investimento total necessário será de 8.750,00€. O sistema terá um custo anual de operação e manutenção aproximadamente de 50€. Verifica-se que a vida útil deste equipamento ronda 25 anos e o payback neste caso flutua entre 14 anos e 8 meses. Atualizando os benefícios anuais ao longo deste período, verifica-se que este sistema proporciona uma produção de energia anual aproximadamente de 4800,00 kWh/ano, traduzindo-se num ganho de 1.205,17€, relativamente ao valor investido.

Em relação à Mini-hídrica, podemos constatar que o investimento total necessário será de 10.500,00€. O sistema terá um custo anual de operação e manutenção aproximadamente de 50€. Analisando a figura 4.6, e considerando o tempo de vida útil do equipamento de 30 anos, o período que demora a recuperar o investimento no projeto é de aproximadamente 12 anos e 9 meses. Este sistema proporciona uma produção de energia anual de aproximadamente 6570,00 kWh/ano, correspondendo a uma valorização de 4.783,27€ para este investidor.

Por fim, para o sistema de micro-cogeração, o investimento total necessário será de 10.750,00€. Para este sistema prevê-se um funcionamento de 2000 horas anuais. Desta forma, o equipamento terá um custo anual de operação e manutenção fixo de aproximadamente 25,00€, acumulando depois um custo de operação e manutenção volátil que varia consoante o número de horas de funcionamento (corresponde ao combustível gasto). Neste caso, face às horas previstas de funcionamento, a despesa anual é de 2.414,05€ em gás natural. O tempo de vida útil do equipamento é de 30 anos, e atualizando os benefícios anuais ao longo deste período, verifica-se que o sistema proporciona um valor negativo de7.181,16 € de benefícios com a referida instalação, fazendo com que produza 11000,00 kWh.

Na figura 4.15, é apresentado um resumo da análise económica conjunta. Os gráficos representados à esquerda são relativos aos Cash Flows de cada tecnologia inserida, o gráfico à direita representa a eletricidade consumida pelo edifício e a

eletricidade produzida pelos equipamentos selecionados e a tabela demonstra os fatores económicos de cada tecnologia.



	Fotovoltaico	Eólico	Mini-hídrica	Micro-cogeração
Val	3.362,46	1.205,17	4.783,27	-7.181,16
Payback	11 anos e 3 meses	14 anos e 8 meses	12 anos e 9 meses	
ROI	1,32	1,14	1,46	0,33

Figura 4.15 – Análise dos Resultados do Caso B

Deste modo, analisando a figura, podemos constatar que os resultados de todos os equipamentos diferem nos fatores económicos e na rentabilidade anual, pois a sua capacidade de produção anual e tipos de tarifa de remuneração são diferentes.

Observando o quadro sobre as quatro tecnologias apresentadas (figura 4.15), podemos concluir que o consumidor/cliente beneficiaria com a aquisição de um sistema fotovoltaico, visto que apresenta um melhor índice económico, nomeadamente no tempo de recuperação do investimento (Payback - aproximadamente 11 anos e 3 meses).

No entanto, o cliente tem sempre o poder de decisão e existem vários fatores que podem ser preponderantes e influenciar a sua escolha.

Por vezes, o valor a investir pode forçar o utilizador a optar por tecnologias com preços mais baixos (como é o caso da tecnologia eólica em causa – valor do investimento é de 8.750,00€, valor mais baixo que as restantes tecnologias apresentadas).

Em relação à tecnologia mini-hídrica, esta apresenta uma valorização superior relativamente às restantes tecnologias, podendo influenciar o cliente no momento da decisão das escolhas da tecnologia. Para além disso, esta tecnologia tem um período de

recuperação do investimento inferior à tecnologia fotovoltaica o que pode ser determinante para a sua escolha.

A tecnologia de micro-cogeração mostrou-se, para este caso, um projeto inviável e não rentável, pois os índices económicos apresentam-se negativos. Este caso deve-se ao facto de as despesas que se tem com o combustível para o funcionamento da tecnologia serem superiores à soma da poupança originada com este equipamento e a venda de energia elétrica à rede.

5. Conclusões

Quer por razões ambientais, quer por razões económicas, tem-se verificado, nos últimos anos, um grande interesse pelo aproveitamento das energias renováveis para a obtenção de energia elétrica não só para consumo, mas também para possível venda à rede de abastecimento público. Esta necessidade de diversificar as fontes de energia põe-se com mais acuidade para o nosso país, uma vez que não possui recursos energéticos próprios (petróleo, carvão e gás), sendo obrigado a importar as matérias primas de origem fóssil. Nesse sentido, os governos de Portugal, nas últimas décadas, têm produzido legislação de incentivo e de regulação dessa matéria.

Dando atenção a essa área de estudo, procurou-se, com esta dissertação, reflectir sobre o aproveitamento de energias renováveis através de tecnologias de microprodução ligados e construir uma ferramenta informática de apoio à decisão dos investidores interessados em aderir, de acordo com o enquadramento legal, às referidas tecnologias.

Neste último capítulo, apresentam-se, num primeiro momento, as principais conclusões retiradas a partir da construção da já referida ferramenta informática e da sua aplicação em dois estudos de caso. Num segundo momento, propõem-se algumas sugestões de trabalhos futuros, para aperfeiçoar a aplicação informática desenvolvida.

5.1 Aspetos Conclusivos

A introdução de tecnologias de aproveitamento de energias renováveis apresenta vantagens a diversos níveis: aos edifícios, favorece a eficiência e a sustentabilidade energética; aos seus habitantes, fornece benefícios tanto económicos como ambientais; contribuindo, ainda, para a segurança no abastecimento energético.

Face às dificuldades económicas e financeiras resultantes da recente conjuntura económica do nosso país, o governo viu-se forçado a reduzir os incentivos para a microprodução. Essa situação pode agravar os receios dos investidores, na hora de investir nestas tecnologias. Torna-se, então, crucial que estes sejam elucidados das condições que englobam o investimento na aquisição de uma possível tecnologia de microprodução.

Neste sentido, com o intuito de tornar um potencial microprodutor mais apto na seleção da tecnologia que lhe seja mais favorável, procurou-se que a aplicação informática fornecesse a informação técnico-económica sobre as tecnologias pretendidas, nomeadamente o VAL, Payback e o ROI. Mas, para além destes aspetos técnico, a preocupação com o potencial utilizador estendeu-se à utilidade e funcionalidade da já descrita ferramenta informática.

Houve o cuidado em que fosse uma aplicação acessível: a introdução de dados é relativamente simples; apresenta uma interface gráfica clara e amigável do utilizador, pois facilita a perceção dos resultados, permitindo-lhe o conhecimento mais abrangente de cada tecnologia renovável, bem como os vários aspetos relacionados com o seu funcionamento, quer a nível individual quer em termos do sistema como um todo; é precisa. O software desenvolvido é um instrumento consistente, de fácil e cómoda utilização, que permitirá ao cliente fazer um investimento dito "seguro" e com "algumas certezas", pois saberá se o investimento lhe irá ser rentável, tanto em termos de custos como sobre o período de recuperação do investimento inicial.

Sinteticamente, esta ferramenta é uma mais valia não só para quem adquire o equipamento, mas também para quem vende a tecnologia, pois, para além de auxiliar o comprador na sua decisão, permite também ao vendedor fornecer dados concretos ao cliente que o poderão aliciar na aquisição da tecnologia em causa.

Os dois casos de estudo diferentes - um Edifício Habitacional unifamiliar, e um Edifício Industrial com Zona Comercial – vieram comprovar a funcionalidade e aplicabilidade da referida ferramenta.

Do conjunto dos resultados obtidos destaca-se que, em ambos os estudos de caso, o consumidor/cliente beneficiaria com a aquisição de um sistema fotovoltaico, visto que apresentava melhores parâmetros económicos tendo comparativamente com as outras tecnologias. No caso A, esta tecnologia apresentava melhores índices económicos, quer em tempo de recuperação do investimento, quer em valorização do mesmo. No caso B, o sistema fotovoltaico apresentava um melhor índice económico, nomeadamente no tempo de recuperação do investimento.

É de salientar que, nos dois casos de estudos apresentados, os equipamentos utilizados foram os mesmos equipamentos (assim como a maioria dos inputs), contudo no caso A, o cliente poderia beneficiar de regime bonificado ou geral (sendo a ferramenta informática que indicava qual o regime mais compensatório em cada ano para o cliente) e, no caso B, este estava condicionado ao regime geral. Desta forma, provou-se que a ferramenta desenvolvida é aplicável em ambos os regimes e em casos distintos.

Apesar de, nesta dissertação, terem sido descritos apenas dois estudos caso, é possível aplicar esta ferramenta a todos os casos semelhantes, ou seja, situações em que se verifiquem as condições para se optar pela microprodução, nomeadamente, condomínios, edifícios industriais com baixa potência instalada (ex: algumas PME's), bem como outras instalações agrícolas e pecuárias.

Sendo assim, este software é uma ferramenta útil para comercializadores e para produtores ligados ao universo das energias renováveis, atendendo à sua funcionalidade na análise da viabilidade técnica-económica das diferentes tecnologias de microprodução.

5.2 Sugestão para trabalho futuro

Após a realização desta aplicação e os conhecimentos obtidos no desenvolvimento deste trabalho e as dificuldades enfrentadas, sugere-se os seguintes temas para trabalhos futuros:

- Introdução de uma base de dados das tecnologias de microprodução pré-definidas, com a implementação dos respetivos dados para cálculos de produção de energia e análise económica;
- Otimização dos modelos matemáticos da aplicação e criação de um modelo de previsão de atualização de tarifas;
- Criação de um formulário único para escolha e inserção dos dados dos equipamentos das tecnologias que deseja comparar;
- Desenvolvimento da possibilidade do programa fornecer automaticamente os dados das condições climatéricas (nº horas de sol, vento), após a seleção do concelho;
- Criação de uma plataforma online com base na ferramenta desenvolvida, para que esta pudesse estar à disposição de qualquer investidor.

Referências Bibliográficas

Alves, João – Requisitos para a Certificação PV: Porto: Universidade do Porto, (Junho, 2010). Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia, apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Boehnke, Jasper - Business Models for Micro CHP in Residential Buildings, Dissertação da Universidade de St Gallen, Graduate School of Business Administration, Economics, Law and Social Sciences (HSG), 2007 para obter Doutoramento Oeconomiae

Camus, Cristina; Eusébio, Eduardo – Avaliação económica de projectos. Gestão de Energia. Lisboa: ISEL. Lisboa 2007

Castro, Júlio - Evolução Tecnologica de Tratores Agrícolas: Rio Verde: Faculdade de Engenharia Mecânica, (2009). Dissertação De Mestrado Integrado Em Engenharia Mecânica, apresentada á Universidade de Rio Verde Faculdade de Engenharia Mecânica

CEEETA - Centro De Estudos Em Economia Da Energia Dos Transportes E Do Ambiente – Estudo do Mercado Potencial para a Aplicação das Tecnologias de Micro-Cogeração em Portugal. Lisboa (Dezembro de 2001)

Faber, Albert; Valente, Marco; Janssen, Peter; Frenken, Koen – Domestic micro-cogeneration in the Netherlands:an agent-based demand model for technology diffusion: Working Paper, DIME International Conference "Innovation, sustainability and policy", 11-13 September 2008, Bordeaux

Fisher, James; Jessop, Chris; McGuire, Karen; Waddelove, Andrew – A review of microgeneration and renewable energy technologies. NHBC Foundation. (Janeiro, 2008)

Haringa, D.B. – Microgeneration in the domestic sector in the Netherlands, Dissertação de Mestrado Desenvolvimento Sustentável, Energia e Recursos, Maio 2010,apresentada à Universidade de Utrecht

Leitão, António; Portela, Maria; Godinho, Francisco – Produção de Energia em pequenos aproveitamentos hidroElétrico s em Portugal. Potencialidades e constrangimentos ao seu desenvolvimento. Revista Recursos Hídricos – Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos Lisboa. Vol. 31, nº 1 (2010), p. 39-55

Martins, Nuno – Sistema Integrado de Produção e Armazenamento de Energia a partir de Fontes Renováveis. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2007. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, apresentada ao Instituto Superior Técnico

Matias, Carla – Culturas Bioenergéticas. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2010. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, apresentada à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Melo, Nuno; Prata, Ricardo; Gonçalves, Rui; Mira, Francisco – Microgeneration In Portugal – EDP Experience and Future Perspectives.CIRED- International Conference on Electricity Distribution Praga, (8-11 de Junho de 2009)

MEID – Ministério Da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento – Decreto-Lei nº 25/A2013. Diário da República, 1ª Série, nº 207 (25/02/2013) Lisboa, 2013

MEID – Ministério Da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento – Decreto-Lei nº 118/A2010. Diário da República, 1ª Série, nº 207 (25/10/2010) Lisboa, 2010

MEI – Ministério Da Economia e Inovação – Decreto-Lei nº 363/2007. Diário da República, 1ª Série, nº 211 (2/11/2007) Lisboa, 2007

Moreira, Daniel, – Implementação de Microgeração no Sector Residencial Porto: Universidade do Porto, (Junho, 2010). Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia, apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Nascimento, Tânia – Microgeração. Revista Extra [Em linha] (18/09/2008), p. 77-83 [Consult. 01/2011]. Disponível em WWW: <URL:http://www.abbc.pt/xms/files/77-83_Extra.pdf>

Pereira, Marco – Estudo do desenvolvimento da integração de micro-cogeração em Portugal. Porto: Universidade do Porto, (Fevereiro, 2009). Dissertação de Mestrado

Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia, apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Pereira, Ana; Ramos, Catarina e Colaboradores – Contrastes espaciais concelhios de algumas componentes ambientais em Portugal continental. Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial (DILIF – 1) Centro de Estudos Geográficos Lisboa. (2000), p. 31

Pires; Bruno; Pincante, Nuno – Microgeração: Planeamento e Produção de energia. Coimbra: Universidade de Coimbra, (Novembro, 2007). Trabalho do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, apresentado à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Rocha, Carlos – Microgeração em ambiente urbano (habitacional, serviços). Porto: Universidade do Porto, (Julho, 2008). Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Salino, Jordão – Energia Eólica no Brasil: uma Comparação do Proinfae dos Novos Leilões. Rio de Janeiro: Escola Politécnica, (Fevereiro, 2011). Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Ambiente, apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro

Sá, André – Guia de Aplicações de Gestão de Energia e Eficiência Energética. Porto: Publindústria, Edições técnicas, 2010. ISBN 978-972-8953-29-4

Silva, Nuno – Determinação de perfis para a microprodução. Porto: Universidade do Porto, (Junho, 2010). Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia, apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Silva, Ângela – Optimização Numérica Termo-Económica de um Sistema de Cogeração, Universidade do Minho, 2003. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial, apresentada à Universidade do Minho

Simões, Teresa – Base de dados do potencial energético do vento em Portugal: Metodologia e desenvolvimento: Universidade de Lisboa, 2004. Dissertação de Mestrado em Ciências e Engenharia da Terra, apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

CEC – The California Energy Commission – California Distributed Energy Resource Guide. Califórnia (18/01/2002)

WADE - World Alliance For Decentralized Energy – Guide to Decentralized Energy Technologies. Edimburgo (Setembro de 2003)

ANEXO I - CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DO PAINEL FOTOVOLTAICO BASE

A microgeração fotovoltaica é a produção, pelo próprio consumidor, de energia através da captação da radiação solar por um conjunto de painéis solares fotovoltaicos. Essa energia pode ser vendida na sua totalidade à rede a uma tarifa bonificada.

O cliente ao optar pela, solução de microgeração EDP pré-definidas. Essas soluções pré-definidas pela EDP encontram-se explanadas na figura A.1.

	Premium	Smart	Base
Equipamentos	• Painéis fotovoltaicos: **marca europeia** • Inversor: **SMA**	• Painéis fotovoltaicos: **marca europeia** • Inversor: **SMA**	• Painéis fotovoltaicos: **marca asiática** • Inversor: **SMA**
Garantias	• Painéis fotovoltaicos: **10 anos+25 anos** de manutenção da potência(2) • Inversor: **10 anos** (extensão da garantia do inversor)	• Painéis fotovoltaicos: **10 anos+25 anos** de manutenção da potência(2) • Inversor: **5 anos**	• Painéis fotovoltaicos: **10 anos+25 anos** de manutenção da potência(2) • Inversor: **5 anos**
Serviços adicionais	• Manutenção • Monitorização da produção • Monitorização do consumo • Seguro total	• Manutenção • Monitorização da produção	X
Preço (3) sem IVA	• 4,5 kW (18 painéis) **9.895 €** • 5,0 kW (20 painéis) **10.305 €** • 6,5 kW (26 painéis) **12.905 €** • 10,5 kW (42 painéis) **19.175 €**	• 4,5 kW (18 painéis) **9.540 €** • 5,0 kW (20 painéis) **9.940 €** • 6,5 kW (26 painéis) **12.490 €** • 10,5 kW (42 painéis) **18.670 €**	• 4,5 kW (18 painéis) **8.600 €** • 5,0 kW (20 painéis) **8.900 €** • 6,5 kW (26 painéis) **11.200 €** • 10,5 kW (42 painéis) **16.600 €**

Figura A.1 - Caraterísticas Técnicas do Painel Fotovoltaico "Base"

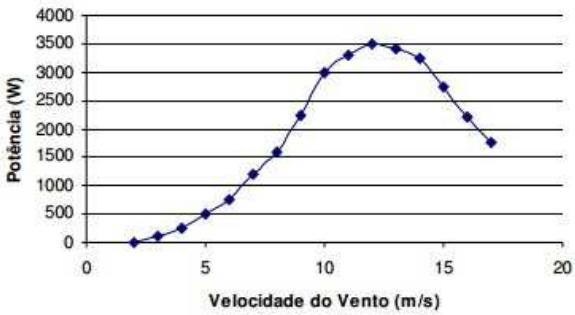
Fonte: http://www.microgeracaoedp.com/solucoes-de-microgeracao-edp

ANEXO II - CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DA MICRO-TURBINA EÓLICA COMFORT 220 – T3000W

A microgeração eólica é a produção, pelo próprio consumidor, de energia através da captação de ventos por uma turbina eólica. Essa energia pode ser vendida na sua totalidade à rede a uma tarifa bonificada.

A micro-turbina éolica comfort 220 - T3000W da figura A.2, é um equipamento constituído por uma turbina com 3 pás, torre e respectivo controlador. Este aerogerador capaz de produzir 3kW, é comercializado pela empresa Luxmagna.

Curva de Potência



Dados Técnicos

Diâmetro do Rotor: 4 m
Número de Pás: 3
Material das Pás : Fibra Reforçada a Plástico
Altura da Torre: 8 m
Potência Nominal/Máxima: 3000 W / 3400 W
Rotações por Minuto: 320 r.p.m
Velocidade de Arranque: 3 m/s
Velocidade Nominal/Máxima: 12 m/s / 50 m/s
Tensão de Funcionamento: 300 ou 350 Vdc
Método de Regulação de Velocidade: Yaw
Peso: 327 kg
Garantia do Produto: 5 anos

Tipo de Gerador: Trifásico, Magnético de Ímanes Permanentes
Garantia de Funcionamento do Fabricante: 25 anos
Certificados: EN 60204-1:1997, CE

Figura A.2 - Caraterísticas Técnicas da "Micro-Turbina Eólica Comfort 220 – T3000W"

Fonte: http://www.luxmagna.pt/catalog/eolico-luxmagna-t3000-kw-p-611.html

ANEXO III - CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DA MICRO-HÍDRICA COMFORT 220 - MH-3kW

A microgeração Hídrica é a produção, pelo próprio consumidor, de energia através de um aproveitamento hídrico para produzir eletricidade. Essa energia pode ser vendida na sua totalidade à rede a uma tarifa bonificada.

A Micro-Hídrica Comfort 220 - MH-3kW (figura A.3), apresenta caraterísticas ideais, visto que a altura mínima de 4m se adequa ao local a instalar e, a capacidade de produzição é de 3kW. Este equipamento é comercializado pela empresa Luxmagna.

MICRO-HIDRICAS COMFORT220®

Tipo	Modelo	Potência (W)	Caudal (m3/s)	Queda (m)	Diâmetro do Tubo (mm)	Dimensões (mm)	Peso (kg)
Alta Queda	CJ-200W	200	0,003-0,004	10-14	50	300x260x350	17
	CJ-300W	300	0,003-0,004	12-14	50	300x260x350	18
	CJ-500W	500	0,005-0,007	12-22	50-75	330x300x360	21
	CJ-1kW	1000	0,008-0,010	16-22	100	720x450x520	68
	CJD-1kW	1000	0,010-0,015	15	125-150	870x560x520	110
	CJ-1.5kW	1500	0,008-0,011	18-25	125	720x450x520	68
	CJD-1.5kW	1500	0,012-0,018	15	125-150	870x560x520	110
	CJ-3kW	3000	0,015-0,019	25-35	125-150	850x560x560	80
	CJD-3kW	3000	0,018-0,030	18-20	150	870x580x580	115
	CJ-6kW	6000	0,030-0,038	28-35	150-200	750x650x820	185
	CJD-6kW	6000	0,038-0,050	18-20	200	1100x740x870	260
	CJ-10kW	10000	0,040-0,050	30-38	200-250	1100x800x860	253
	CJD-10kW	10000	0,050-0,060	25-30	200-250	1100x800x900	265
	CJD-12kW	12000*	0,050-0,060	28-35	200-250	1100x850x1000	280
	CJD-15kW	15000*	0,060-0,070	30-40	200	1200x900x1050	300
	CJD-20kW	20000*	0,060-0,100	30-45	250-300	1200x900x1150	330
	CJD-30kW	30000*	0,090-0,120	38-45	250-300	1200x900x1200 800x620x600 550x600x500	767 60 62
Baixa Queda	MH-3kW	3000	0,136	4	250	1380x420x780 640x400x400	142 67
	MH-5kW	5000	0,151	6	300	1490x420x920 640x400x400	245 67
	MH-6kW	6000	0,156	7	300		
	MH-8kW	8000	0,161	9	300		
	MH-10kW	10000	0,165	11	300	1530x500x840 640x400x400	278 67
Submersível	ST-0.55kW	550	0,025-0,055	1,5-3,2	-	345x345x510	22

* Máquina Trifásica

Figura A.3 - Caraterísticas Técnicas da "Micro - Hídrica Comfort 220 - MH-3kW"

Fonte: http://www.luxmagna.pt/catalog/minihidrica-mh3kw-p-421.html

ANEXO IV - CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DA MICRO-COGERAÇÃO "DACHS SE"

Na figura A.4 pode visualizar-se o Dachs SE, que é uma solução de cogeração existente no mercado para o fornecimento conjunto de eletricidade e calor. Emprega um motor de combustão interna alimentado por gás natural ou GLP que oferece uma potência eléctrica de 5,5 kW, enquanto produz uma potência térmica de 12,5 kW.

Características técnicas do Dachs SE

Dachs	
Potencia	5,5 kW
Potência térmica (sem Kit Condens)	12,5 kW
Potência térmica (com Kit Condens)	14,8 kW
Tipo de combustível	Gás natural, GLP
Intervalo de manutenção	3500 h
Vida útil	> 80.000 h

Depósito tampão SE 750	
Capacidade	750 l
Pressão máxima de operação	3 bar
Temperatura máxima de impulsão	95 °C
Isolamento	100 mm
Dimensões	Com (sem) isolamento
Diâmetro	950 (750) mm
Altura 1	920 (1760) mm
Altura total	2000 mm
Ligações	Circuitos de aquecimento Caldeira de apoio Calorímetro

Figura A.4 - Caraterísticas técnicas do "Dachs SE"

Fonte: http://www.baxi.pt/173.htm